

§ 9 zoom lens の近軸設計(PZOOM;paraxial zoom)

§ 9-1 実際の使用による効用の確認

zoom lens や望遠 lens のように lens 群の組み合わせとして、lens 全体が構成されるような場合の近軸問題を取扱う option である。この時各群を薄 lens として取り扱ったのはほとんど実用的な答えが得られないため、各群の第 1 面から測った第 1 主点の位置、最終面から測った第 2 主点の位置および第 1 面から最終面までの厚みをその群の焦点距離で除し、 κ , κ' , τ なる近軸係数を作り利用する。 κ , κ' を第 1 , 第 2 主平面係数、 τ を厚み係数と呼ぶことにすれば、両凸 lens は(+ , - , +)であり、両凹 lens は(- , + , -)である (ref.3 §1.7)。

例題として 70~210 である [KIN0721.CRD] を初期 data としてこれを 70~280 に zoom 比を拡大することを通じてこの option を説明することにする。まず TEST_DATA の中の KIN0721.CRD を LENS.CRD に copy し、LCARD_Tab-2 の GNPZCR を選べば、screen 上に

```
PZOOM.CRD and scaling data is generated
If you want to see, use OUTPUT-option
Please push enter key to proceed
```

と出るので、OUTPUT DPL3 を選べば

```
4 27
1 5 125.9999
6 10 -63.8983
11 13 -82.8897
14 27 43.9554
```

が見られるが、これは全体が 4 群で 27 面であり、各群の第 1 面と最終面及び焦点距離が書かれている。この data は実際には SCALING.DAT という名前で登録されている。この段階で κ , κ' , τ を含めて PZOOM.CRD 上に data が

```
**      1
[KIN0721.CRD]
4 4 3
0104

c  each group data
125.9999  0.0371  -0.0367  0.1143
-63.8983 -0.1206  -0.0133 -0.1518
```

	-82.8897	-0.0126	0.0304	-0.0700
	43.9554	-0.1558	-1.4346	1.7054
c	position data			
		72.0000	3.5	0.35
	2.0410	28.6240	24.3890	
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		130.0000	3.5	0.35
	31.4850	7.2957	16.2733	
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		203.0700	3.5	0.35
	47.5653	5.9926	1.4961	
c	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

として作られている。この data を見るには **PZOOM_Tab-2** の **EDTPCR** を実行すれば良い。
 以後、特に断るまで総て PZOOM の option として説明する。次に第 1 群と第 4 群が couple
 していることを指示するため **MINUTE** を選び、下から 2 段目の edit box に 0104 を入れる。
 次に main menu 4-page 目の **DLCTGN** を選び、不要と思われる
2FB , 3FB , 2LTRK , 3LTRK , 1SQSP
 を comment にし、1LTRK の上限を 240.0 , 第二 positionD(2)の下限を 8.0、第 2、3
 position の f の目標値を 160.0、280.0 にし、第 1 群から第 4 群までの couple した間隔を
 可変にするため、DCTCHG を選び、三行目の ID を総ての position で 111 にし、さら
 に、最下段の ICPL に 1 を入れれば、DLS 制御部は

<資料:9-1-A>

```

c from here DLS-controll data
20
c variable parameter selection is executed by
c following IR, ID, IK, IKD, IT, ICPL-line
c (1->variable,0->non-variable)
c
c IR-line : each group power
1111
c ID-line : each group space : 1-3 column for 1-st zoom position
111111111
c IK-line : kappa of each group
0000
c IKD-line : kappa' of each group
0000
c IT-line : tau of each group
0000
c ICLS-line : space sum of coupled group
1
c ZKB SDAMP PCOF3 CORLMT

c
c parameter weight for power,space,kappa etc.
c PPWGTR PPWGTD PPWGTK PPWGTT PPWGTL

c
c parameter increment for power,space,kappa etc.
c DRINC DDINC DKINC DTINC DLINC

c
c aberration line=TARGET(1~10),WEIGHT(11~20),PITCH(21~30)
c ISLT(31-32), IPOS1(33-34),K1(35-36),K2(37-38)
c (+,-)(39), IPOS12(40-41),K1(42-43),K2(44-45)
c If ISLT=02, give lower(1~10-column) and upper(11~20) same as real lens design
c
c
c Fb drift controll
c ((FB Z2 )-(FB Z1)) T=0.0 W=10.0 ; (2FB -1FB )
c ((FB Z3 )-(FB Z1)) T=0.0 W=10.0 ; (3FB -1FB )
c

```

```

c          EFL control I
(F Z1) T=  72.0000 W=10.0          ; (1F      )
(F Z2) T= 160.0000 W=10.0          ; (2F      )
(F Z3) T= 280.0000 W=10.0          ; (3F      )

c
c          Fb control I
38.5 < (FB Z1 ) < 1000.           ; (1FB     )
38.5 < (FB Z2 ) < 1000.           ; (2FB     )
38.5 < (FB Z3 ) < 1000.           ; (3FB     )

c
c          LTRK(lens track) control I
0.0 < (LTRK Z1 ) < 240.0000        ; (1LTRK   )
C          0.0 < (LTRK Z2 ) < 199.9346
C          0.0 < (LTRK Z3 ) < 199.9496

c
c          D(i) control I
c
1.0 < (D Z1 G1) < 1000.           ; (1D(1)   )
1.0 < (D Z2 G1) < 1000.           ; (2D(1)   )
1.0 < (D Z3 G1) < 1000.           ; (3D(1)   )

c
1.0 < (D Z1 G2) < 1000.           ; (1D(2)   )
8.0 < (D Z2 G2) < 1000.           ; (2D(2)   )
1.0 < (D Z3 G2) < 1000.           ; (3D(2)   )

c
1.0 < (D Z1 G3) < 1000.           ; (1D(3)   )
1.0 < (D Z2 G3) < 1000.           ; (2D(3)   )
1.0 < (D Z3 G3) < 1000.           ; (3D(3)   )

c
(DIOP G1 ) T=  7.9365              ; (1dp1    )
(DIOP G2 ) T= -15.6499             ; (1dp2    )
(DIOP G3 ) T= -12.0642            ; (1dp3    )
(DIOP G4 ) T= 22.7503              ; (1dp4    )

c
C (SQRS) T=  971.030

c

```

となる。そこで XQT を選べば screen 上は

```

initial      phai= 59133.7259
iter.no.= 1  phai= 2430.0599
iter.no.= 2  phai=  20.9815
iter.no.= 3  phai=   6.9680
iter.no.= 4  phai=   6.8536
iter.no.= 5  phai=   6.8489
iter.no.= 6  phai=   6.8485
iter.no.= 7  phai=   6.8482
iter.no.= 8  phai=   6.8481
iter.no.= 9  phai=   6.8480
iter.no.=10  phai=   6.8480
iter.no.=11  phai=   6.8480
iter.no.=12  phai=   6.8480
iter.no.=13  phai=   6.8480
iter.no.=14  phai=   6.8480
iter.no.=15  phai=   6.8480
iter.no.=16  phai=   6.8480
iter.no.=17  phai=   6.8480
iter.no.=18  phai=   6.8480
iter.no.=19  phai=   6.8480
iter.no.=20  phai=   6.8480
Do you continue optimization ? (Y/N)

```

となる。ここで 1-page 目の **DPL** を選べば

F(1)= 126.896 F(2)= -56.778 F(3)= -72.593 F(4)= 43.566							
pos.	F	Fb	LTRK	D(1)	D(2)	D(3)	D(
(4)	72.007	57.219	220.000	1.000	34.891	24.389	
(4)	130.000	57.219	220.000	30.944	8.126	21.210	
(4)	279.976	57.261	220.042	58.280	1.000	1.000	

となり、ほぼ目的を達している。次に 1-page 目の **SCLDAT** を選べば screen 上に

```
file SCALING.DAT is renewed
If you want to see, use OUTPUT-option
Please push enter key to proceed
```

が現れ、**OUTPUT** を選べば、SCALING.DAT の内容が

4	27	3		
1	5	125.9999	126.8955	
6	10	-63.8983	-56.7783	
11	13	-82.8897	-72.5925	
14	27	43.9554	43.5656	
		1.0000	34.8909	24.3890
		30.9435	8.1264	21.2099
		58.2799	1.0000	1.0000

であることが判る。これは新しく各群の f と各 position の間隔 data である。以上により近軸関係はすべて決定されたのでこの値で LENS.CRD を変更するため、LCARD_Tab-2 の **RCVSCL** を選べば

	Is	Ie	F-old	F-new	coefficient	
(	1-	5)	125.9999	130.9023	1.0389
(	6-	10)	-63.8983	-56.1392	0.8786
(	11-	13)	-82.8897	-88.4641	1.0673
(	14-	27)	43.9554	45.8161	1.0423
kpos			D(1)	D(2)	D(3)	D(
	1		1.0000	32.5050	24.3890	
	2		30.3555	5.7257	21.8128	
	3		55.8940	1.0000	1.0000	

と出力され、新旧の data が判る。この後で **ROUT** を選べば 4 倍 zoom に改造されているのが判るであろう。この後は § 5-14-9 とまったく同じ手順で収差補正が可能である。

§ 9-2 基礎 data の変更

前述の如く、すでに LENS.CRD 上に lens data がある場合は、LCARD_Tab-2 の **GNPZCR**

によって PZOOM.CRD 上に近軸 data が蓄積されるが、これ等の data の変更を説明する。

PZOOM の main menu は 4-page あり、それぞれ

PZOOM

Direct option name input Double Click is O.K. OK

RET exit PZOOM and return to main TOLES program

OUTPUT treat already computed data

appreciation | controll data | data | optimization |

DPL compute present data and aberration PZOOM_Tab-1

M display Cam figure

L display Lens figure

Y finite data analysis

MT compute Minimum Total track

INPCNT print parameter name, location and explanation

SCLDAT renew scaling data when data is prepared by GNPZCR at LCARD-option

appreciation | controll data | data | optimization |

MINUTE modify card image data in detail using dialog box PZOOM_Tab-2

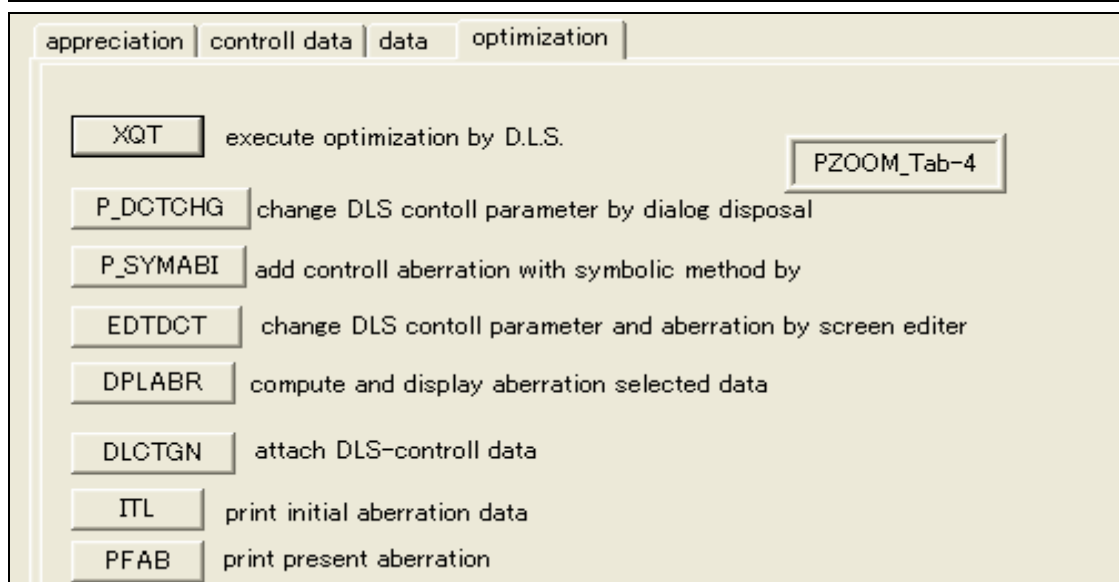
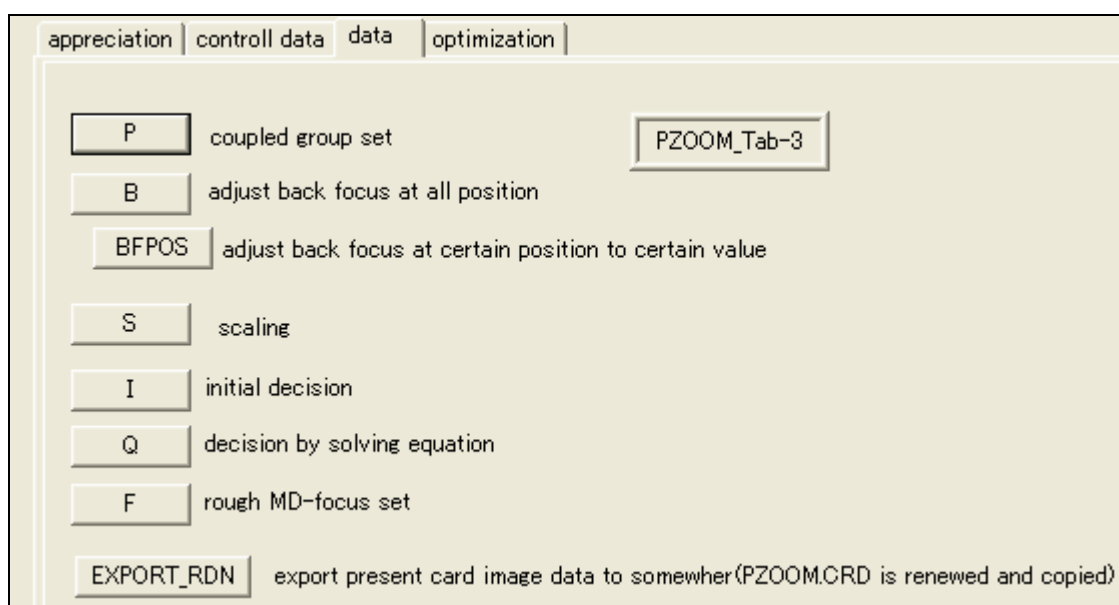
EDTPCR edit and read-in card image data(PZOOM.CRD)

C change core-image data(data locating in

PCOPY convert core image data to card imga data

ADDIZP add one zoom position after -th zoom position

DELIZP add one zoom position after -th zoom position



である。ここで Tab-2 の **MINUTE** を選べば基礎 data が変更可能であり、その第一 Tab は

PZOOM --> MINUTE : change basic card image data(PZOOM.CRD)

OK Cancel

basic data | finite distance data | group and position data

NAME : name of this lens system with arbitrary format

IRIS : group number which contain iris
 VIRIS : entrance pupil distance measured from the top of the iris contained group

KDRP12 : flag to input kappa, kappa',tau with real value(not divided by F)

INFIF1 : front space number to adjust for infinite to coincide back focus., used for cam figure
 INFIF2 : rear space number of above

AIMS : image height of this system P_MINUTE_Tab-1

NAFCL : space number where axial ray become parallel to optical axis

ICPL : specify coupled group(if Is and Ie group is coupled, give with format 5(2|2))

 -----1-----2

IGRP : specify power controlled group(input format is same as above)

 -----1-----2

であり、それぞれの意味は

- NAME : この data につけられた名前であり、任意の形式で OK であるが、1-column 目が C で 2-column 目が空白は comment と見放されるので許されない。
- IRIS } : 絞りが含まれている群の番号で、この群の第 1 面より右側 VIRIS の
 VIRIS } 位置に絞りが存在するとして計算する。ここでは第 4 群の第 1 面を絞りとしている。
- KDRP12 : 各群の情報[PGR]は前述の如く焦点距離で正規化した κ , κ' , τ を入れるのが標準入力であるが、ここに flag を立てる(1を入れる)と正規化しない生の値を mm で入力することが出来る (direct principle point 1 and 2)。
- INFIF1 } : 無限遠物点に対して back 出しをする群の前側と後側の間隔番号
 INFIF2 } (inner focus for infinite object)([LCT-4]の INF41 , INF42 に対応)。
- AIMS : 最大像高であり、この値と EFL[PPS-1:11~20]の値から tangent を決

めて画角として用いる。

NAFCL : 軸上の物点を出た光学系が光軸と平行になることがあれば、その間
隔番号を入れる。

ICPL : (ICPLS, ICPLE) 2つの整数で一組となっている couple している群を
指定する。この行は(FORMAT(5(2I2)))で読まれるため5組の couple
まで指定可能である。ここでは 0104 と入っているため focus 部と
master 部が連結され、相互に相対移動は行わないことを意味してい
る。

IGRP : (IGRPS, IGRPE)power を計算したい群の始まりと終わりを同様の形
式で入力する。ここでは 0102 と入れられて focus 部と variator 部
を合成した焦点距離がどのようになるかを見ようとしている

である。2-page 目は

basic data	finite distance data	group and position data
<input type="checkbox"/>	INFYG1 : front space number to adjust for finite object	
<input type="checkbox"/>	INFYG2 : rear space number of above	P_MINUTE_Tab-2
2000.000	YGTTLK : minimum total track of finite	
2.000	YGTCOF : coefficient mutiplied to above	

であり、その意味はそれぞれ

INFYG1 } : 近距離に focusing する時どの space を変えて focusing するかの情
INFYG2 } 報を与えるもので K-群で行うとすれば K-1 と K を与える(inner
focus for yuugen object(lens 系の INF1, INF2 に対応)。

YGTTLK } : 設計は無限遠で行うが、近距離の様子も知りたい場合、最小 total
YGCOF } track(物像間距離をここに入れ、次の近距離の位置としてこの値に
YGCOF を掛けたものを用いることになる。この例では YGTTLK=2000 ,
YGCOF=2.0 であるため、物像間距離として 2000 と 4000 が取り扱われ
ている。

である。3-page 目は各群と zoom position に関する data で

basic data		finite distance data		group and position data				
1	IGR	changed group number		P_MINUTE_Tab-3				
F : focal length of this group								
K : kappa : 1-st principal point divided by F								
K' : kappa prime : 2-nd principle point divided by F								
T : tau : lens width divided by F								
	F	K	K'	T				
	125.9999	0.0371	-0.0367	0.1143				
1	KPOS	changed position number						
OBJD : objective distance (blank-> infinity) EFL : focal length of this position								
FNO : F-number of this position LIVL : relative light value of biggest off axis image								
	OBJD	EFL	FNO	LIVL				
		72.0000	3.5	0.35				
D(i) : zoom space after i-th group								
	D(1)	D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(8)
	2.0410	28.6240	24.3890					
BETA(i) : lateral magnification of i-th group								
	BETA(1)	BETA(2)	BETA(3)	BETA(4)	BETA(5)	BETA(6)	BETA(7)	BETA(8)
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000				

であり、IGR を data を変更する群番号とする時、すでに説明した各群の F , κ , κ' , τ が変更できる。さらに KPOS を data を変更する position 番号とする時その意味は

OBJD : 物体距離に対応し、空白ならば無限遠として取り扱われる。

EFL : その position で持つべき焦点距離

FNO : " " F-number

LIVL : " " 光量

であり、次の行は間隔、最後の行はその群の持つ倍率である。

§ 9-3 基礎 data の評価

data が出来た状態で main menu に戻り、**DPL** を選べば基礎 data として

<資料 : 9-3-A >

F(1)= 126.000 F(2)= -63.898 F(3)= -82.890 F(4)= 43.955

pos.	F	Fb	LTRK	D(1)	D(2)	D(3)	D(
(4)	72.000	40.008	199.928	2.041	28.624	24.389	
(4)	130.004	40.015	199.935	31.485	7.296	16.273	
(4)	203.102	40.030	199.950	47.565	5.993	1.496	

pos.	behta(1)	behta(2)	behta(3)	behta(4)	behta(
(1)	0.000	0.000	0.000	0.000	
(2)	0.000	0.000	0.000	0.000	
(3)	0.000	0.000	0.000	0.000	

[KIN0721.CRD]

iris is located at 0.00-mm inside from the front of 4-th group

INFYG1= 0 INFYG2= 0 ; INFIF1= 0 INFIF2= 0

data of power and lens group coefficients

I	F(I)	K	K'	T(I)	MAXH
(1)	125.9999	0.0371	-0.0367	0.1143	29.0145
(2)	-63.8983	-0.1206	-0.0133	-0.1518	19.4264
(3)	-82.8897	-0.0126	0.0304	-0.0700	15.7556
(4)	43.9554	-0.1558	-1.4346	1.7054	16.0431

data of each position : TPR --> tele photo ratio

posi	OBJD	FNO	AL	SDL	EFL	VIG.	ENTP	TPR
(1)	-0.1000D+23	3.5000	72.0004	40.0082	72.0004	0.3500	68.0057	2.7768
(2)	-0.1000D+23	3.5000	130.0045	40.0153	130.0045	0.3500	121.5191	1.5379
(3)	-0.1000D+23	3.5000	203.1015	40.0303	203.1015	0.3500	155.0460	0.9845

posi	D(1)	dif	D(2)	dif	D(3)	dif	D(
(1)	2.041	0.000	28.624	0.000	24.389	0.000	
(2)	31.485	29.444	7.296	-21.328	16.273	-8.116	
(3)	47.565	45.524	5.993	-22.631	1.496	-22.893	

posi	BEHTA(1)	BEHTA(2)	BEHTA(3)	BEHTA(4)	BEHTA(
(1)	0.000000	-1.338737	0.317403	-1.344800	
(2)	0.000000	-3.494332	0.219540	-1.344960	
(3)	0.000000	-28.966096	0.041365	-1.345302	

posi	FNO(1)	FNO(2)	FNO(3)	FNO(4)	FNO(
(1)	6.1250	8.1997	2.6026	3.5000	
(2)	3.3922	11.8534	2.6023	3.5000	
(3)	2.1713	62.8948	2.6016	3.5000	

posi	TAN(0)	TAN(1)	TAN(2)	TAN(3)	TAN(4)	TAN(
(1)	-0.3004	-0.4514	-0.2552	-0.1926	-0.2227	
(2)	-0.1664	-0.3207	-0.2363	-0.1926	-0.2226	
(3)	-0.1065	-0.2336	-0.2019	-0.1926	-0.2226	

data of coupled group distance

(1- 4) 55.0540

data of distance from image point and cam

posi	1-cam	d.cam	2-cam	d.cam	3-cam	d.cam	4-cam	d.cam
(1)	199.93	0.00	183.48	0.00	145.16	0.00	114.97	0.00
(2)	199.93	-0.01	154.05	29.44	137.05	8.11	114.98	-0.01
(3)	199.95	-0.02	137.98	45.50	122.29	22.87	114.99	-0.02

[KIN0721.CRD]

(K1= 1)	(1) F	(2) FB	(3) LTRK	(4) LWID	(5) FILH	(6) PS	(7) ENTP	(8) EXTP	(
	(1) 72.0004	40.0082	199.9276	159.9194	24.0300	0.2140	68.0057	-57.1333	
	(2) 130.0045	40.0153	199.9346	159.9194	26.7184	0.3865	121.5191	-57.1333	
	(3) 203.1015	40.0303	199.9496	159.9194	26.6672	0.6038	155.0460	-57.1333	
(K1= 2)	(1) BT-1	(2) BT-2	(3) BT-3	(4) BT-4	(
	(1) 0.0000	-1.3387	0.3174	-1.3448					
	(2) 0.0000	-3.4943	0.2195	-1.3450					
	(3) 0.0000	-28.9661	0.0414	-1.3453					
(K1= 3)	(1) PCM1	(2) PCM2	(3) PCM3	(
	(1) -0.1444	1.6267	-1.8079						
	(2) -0.9775	1.7222	-1.8084						
	(3) -2.5950	1.8073	-1.8093						
(K1= 4)	(1) D(1)	(2) D(2)	(3) D(3)	(
	(1) 2.0410	28.6240	24.3890						
	(2) 31.4850	7.2957	16.2733						
	(3) 47.5653	5.9926	1.4961						
(K1= 5)	(1) F(1)	(2) F(2)	(3) F(3)	(4) F(4)	(
	(1) 125.9999	-63.8983	-82.8897	43.9554					
(K1= 6)	(1) FNO1	(2) FNO2	(3) FNO3	(4) FNO4	(
	(1) 2.1713	8.1997	2.6016	3.5000					
(K1=11)	(1) SCM1	(2) SCM2	(3) SCM3	(4) SCM4	(
	(1) 199.9276	183.4848	145.1610	114.9698					
	(2) 199.9346	154.0478	137.0524	114.9768					
	(3) 199.9496	137.9825	122.2902	114.9918					
(K1=12)	(1) VCM1	(2) VCM2	(3) VCM3	(4) VCM4	(
	(1) 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000					
	(2) -0.0070	29.4370	8.1087	-0.0070					
	(3) -0.0220	45.5023	22.8709	-0.0220					
(K1=21)	(1) FOC1	(2) DFB1	(3) FOC2	(4) DFB2	(5) FCMT	(6) BETA	(
	(1) 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
	(2) 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
	(3) 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
(K1=22)	(1) dp1	(2) dp2	(3) dp3	(4) dp4	(
	(1) 7.9365	-15.6499	-12.0642	22.7503					
(K1=23)	(1) SQSP	(
	(1) 971.0298								

が与えられる。最初の部分が基礎データであり、途中で coupled group に関するデータ及び cam のデータが与えられ、最終部分に DLS に於いて収差として用いられる特性値が与えられている。この時本来第 1 および第 4 cam の移動 d.cam が零でないのは間隔 data に誤差があるために Fb が狂っているためであるが、これを避けるには compensator によって back 出しをすることに対応し に於いて INFIF1=2 , INFIF2=3 として を実行すればすべての position の Fb は第 1 position の Fb に等しくなり、d.cam も零になる。さらに第 1 群で focusing を行うことに対応して INFYG1=0 , INFYG2=1 として を実行すれば系の細かな data が与えられ、これ等を DLS に於いて用いることになる。

次に cam の形状をみるために を選べば、最初に直線 cam の番号、back 出しの間隔番号を尋ねられるので

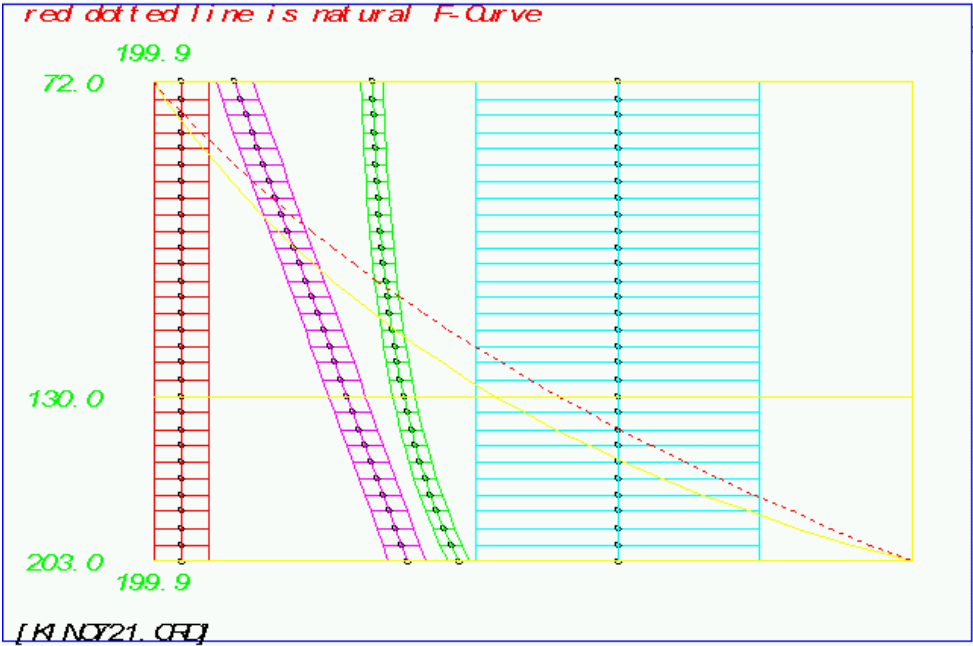
```

LNCM: linear cam no.
INFIF1,INFIF2; back focus adjust space no.
KFBCPR: flag to compare back focus (MD-focus only)

LNCM(1,2),INFIF1(3,4),INFIF2(5,6),KFBCPR(7,8)
02,2,3,0

```

として、実行すれば



が与えられ、同時に cam 表も

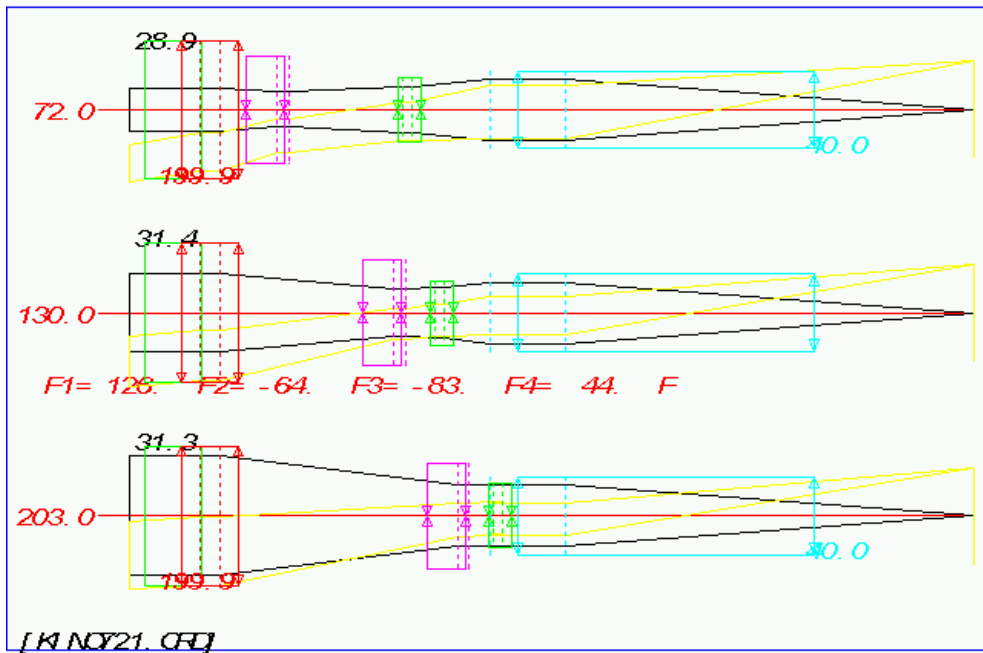
	F	FB	D(1)	D(2)	D(3)	D(
(1)	72.0003	40.0082	2.0410	28.6240	24.3890	
(2)	74.0256	40.0082	3.6097	27.2043	24.2400	
(3)	76.1335	40.0082	5.1786	25.8049	24.0705	
(4)	78.3286	40.0082	6.7475	24.4274	23.8791	
(5)	80.6158	40.0082	8.3164	23.0734	23.6641	
(6)	83.0002	40.0082	9.8855	21.7446	23.4239	
(7)	85.4878	40.0082	11.4546	20.4429	23.1565	
(8)	88.0846	40.0082	13.0238	19.1701	22.8601	
(9)	90.7974	40.0082	14.5931	17.9285	22.5324	
(10)	93.6338	40.0082	16.1624	16.7202	22.1713	
(11)	96.6018	40.0082	17.7319	15.5478	21.7743	
(12)	99.7104	40.0082	19.3014	14.4139	21.3387	
(13)	102.9697	40.0082	20.8710	13.3213	20.8617	
(14)	106.3908	40.0082	22.4406	12.2732	20.3402	
(15)	109.9862	40.0082	24.0103	11.2729	19.7707	
(16)	113.7700	40.0082	25.5801	10.3242	19.1497	
(17)	117.7581	40.0082	27.1500	9.4310	18.4730	
(18)	121.9688	40.0082	28.7200	8.5978	17.7363	
(19)	126.4227	40.0082	30.2900	7.8295	16.9345	
(20)	131.1441	40.0082	31.8601	7.1316	16.0623	
(21)	136.1609	40.0082	33.4303	6.5103	15.1134	

(22)	141.5059	40.0082	35.0005	5.9724	14.0810
(23)	147.2181	40.0082	36.5709	5.5260	12.9571
(24)	153.3436	40.0082	38.1413	5.1802	11.7326
(25)	159.9386	40.0082	39.7118	4.9455	10.3968
(26)	167.0711	40.0082	41.2823	4.8344	8.9373
(27)	174.8252	40.0082	42.8529	4.8620	7.3391
(28)	183.3065	40.0082	44.4236	5.0463	5.5840
(29)	192.6490	40.0082	45.9944	5.4097	3.6498
(30)	203.0270	40.0082	47.5653	5.9804	1.5083

として与えられる。さらに L を選べば図形 data として

```
(wait a moment)
IMGPT: flag to draw image point of each group
IXSHF: X-axis origin 640-->one frame shift
IMGPT(1,2-column),IXSHF(3-6;with I4)
0.0
```

と尋ねられた後に倍率を尋ねられ



が現れる。

§ 9-4 近軸自動設計

すでに § 9-1 に於いて<資料:9-3-A>で示される DLS 制御 data を附加し、収差の選択を行い、系の改造を行っているが、ここではもう少し詳しく説明することとする。PZOOM_Tab-4 の P_DCTCHG を選べば

P_DCTCHG : change DLS used controll parameter

OK

damping etc. | parameter controll |

20 KEND : executed iteration number

KKDAMP : flag to use SDAMP as damping factor without searching best damp

IR : flag to treat power as variable or not
1111
-----1-----

ID : flag to treat zoom space as variable or not
111111111
-----1-----2-----3-----

IK : flag to treat K(kappa) as variable or not
0000
-----1-

IK' : flag to treat K'(kappa prime) as variable or not
0000
-----1-

IT : flag to treat T(tau) as variable or not
0000
-----1-

ICPLCH : flag to treat coupled space sum specified by ICPL as variable or not
1
-----1-

P_DCTCHG_Tab-1

が現れ、それぞれの意味は

KEND } : lens 計算の場合とまったく同じ
KKDAMP }

IR : 各群の power を可変とするかどうかを指定する。即ち、column 番号に対応した群の power が可変の時は 1 を入れる。

ID : 群間隔が可変かどうかを指示するもので (LS-1) 個ずつそれぞれの position に対応している。この場合ならば 1~3-column が第 1-position(wide 端)、4~6-column が第 2-position(Normal 端)、7~9-column が第 3-position(tele 端)の 3 つの間隔に対応している。但し、LS は total の群数。

IK } : その column に対応した群の κ , κ' , τ を可変にするかどうかを指示
IK' }
IT } するものであるが、これが変わるとすでに用意された lens type が使えなくなるため、傾向を見る時以外は用いられない。

ICPLCH : ICPL で指定された coupled group の間隔を可変にするかどうかを指

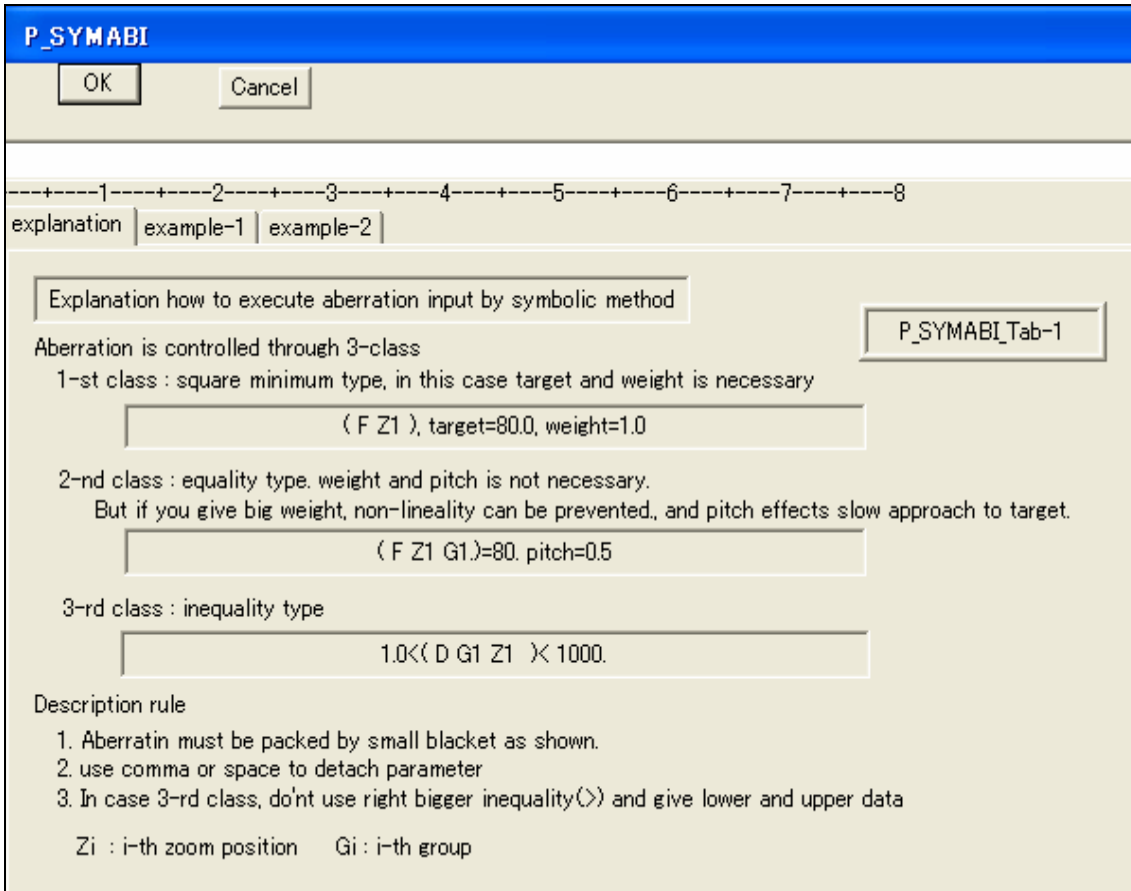
示する。

である。次の page は

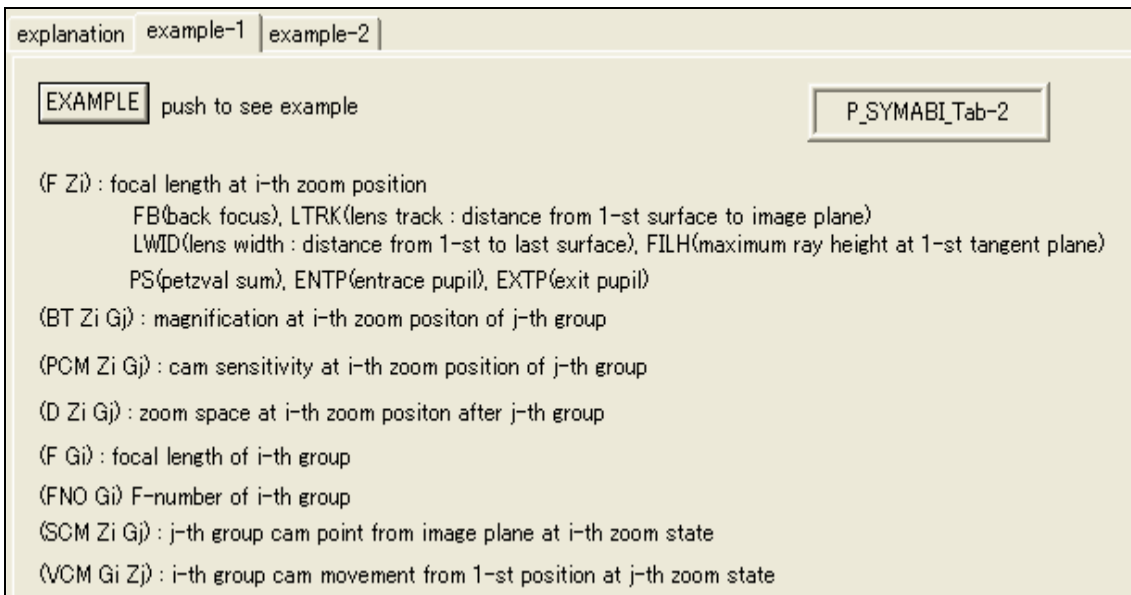
Parameter Name	Value	Description
ZKB	1.0000	representative value of pitch when aberration is controlled by equality
SDAMP	1.0000	start damping factor when best damping is serached
PCOF3=A3	3.0000	factor used in searching best damp1-st SDAMP, 2-nd SDAMP*A3, 3-rd SDAMP/A3 etc.
CORLMT	0.9500	cor-relation limit. Do not treat by equality when cor-relation is bigger than this value.
PPWGTR	1.0000	parameter weight for group power
PPWGTD	1.0000	parameter weight for zoom space
PPWGTK	1.0000	parameter weight for K(kappa)
PPWGTT	1.0000	parameter weight for T(tau)
PPWGTL	1.0000	parameter weight for coupled space
DRINC	0.0001	parameter increment for power
DDINC	0.0100	parameter increment for zoom space
DKINC	0.0001	parameter increment for K(kappa)
DTINC	0.0001	parameter increment for T(tau)
DLINC	0.0100	parameter increment for coupled space

であり、レンズ系の場合とほとんど同じであるため説明は省く。

次に **P_SYMABI** を選ぶか、**EDTDCT** を選べば<資料:9-1-A>が現れるので矢印 key によって収差を挿入したい所へ移動し、Insert key を押して空白行を作り、その後に **Ctrl+H** を押せばまず入力の一般的説明として



が現れる。この入力方法はレンズ系とまったく同じで自乗和型、等号型、不等号型であり、指示変数は zoom position Zi と group number Gi のみである。2-page目は



であり、<資料:9-3-A>とまったく対応し、11種の収差が存在する。

第 1 種はレンズ系の 32-収差と同系列のものであり、(F Zi) , (FB Zi) , (LTK Zi) , (LWID Zi) , (FILH Zi) , (PS Zi) , (ENTP Zi) , (EXTP Zi)とすることにより、i-th zoom position の焦点距離、back focus , lens track , lens width , filter height , petzval sum , entrance pupil , exit pupil が選択される。

この中で

LTK は lens track(第 1 群先頭から像点まで)

LWD は lens width(第 1 群の先頭から最終群の後側まで)

FILH は filter height(第 1 面の接平面上で光線が最も高くなる位置)

PS は簡易 petzval sum で $\Sigma(1/f_i)$ を作りその position 毎に normalize したものである。

第 2 種は各群の横倍率

第 3 種は cam 感度に相当するが実際計算は間隔を ΔD だけ増した時の back focus の増分を(ΔF_B)とすれば($\Delta F_B/\Delta D$)が与えられている。

第 4 ~ 第 6 種は各群の間隔、焦点距離、F-number である。

第 7 種は各群の先頭から像面までの距離である。

第 8 種は wide 端を基準とした前者の値、すなわち cam value である。

explanation	example-1	example-2
Please attach small bracket to signify aberration		
P_SYMABI_Tab-3		
(FOC1 Zi) : focusing movement to 1-st finite object position at i-th zoom state		
(DFB1 Zi) : Fb drift of 1-st finite object position against 1-st zoom position at i-th zoom state		
(FOC2 Zi) : valu for 2-nd fininite object position		
(DFB2 Zi) : valu against 2-nd		
(FCMT Zi) : minimum focusiable total track(object image distance)		
(BETA Zi) : magnification at minum focus point		
(DIOP Gi) : diopter of i-th group, i.e. 1000./F(i)		
(SQRS) square sum of each group diopter		

第 9 種は INFYG1 , 2 が指定された場合の移動量で FOC1 が YGTTLK に対するものであり、FOC2 が YGTTLK*YGTCOF に対するものである。

第 10 種は diopter で表した各群の power

第 11 種は diopter の自乗和である。

以上の知識により § 9-1 の資料の如く収差を選択し、最適化を実行した時の出力は

```

-----
iter.no.= 3 dt.no.= 3 [KIN0721.CRD]

**** PARAMETER D(2-2) IS EMPTY

**** PARAMETER D(3-2) IS EMPTY

PPDLS DAMPF= 0.1000D+01 PHAI= 0.8334D+02
PPDLS DAMPF= 0.3000D+01 PHAI= 0.8646D+02
PPDLS DAMPF= 0.3333D+00 PHAI= 0.1390D+03
PPDLS DAMPF= 0.1976D+01 PHAI= 0.8223D+02
PPDLS DAMPF= 0.1976D+01 PHAI= 0.8223D+02

[KIN0721.CRD]

iris is located at 0.00-mm inside from the front of 4-th group

NAFCL= 0 INFYG1= 0 INFYG2= 1 total track= 2000.0000 4000.0000

data of power and lens group coefficients

I F(I) d.F. K(I) d.K. KD d.KD T(I) d.T. FNO
( 1) 111.5856 1.622* 0.0371 0.000 -0.0367 0.000 0.1143 0.000 1.48
( 2) -52.7356 -1.061* -0.1206 0.000 -0.0133 0.000 -0.1518 0.000 6.58
( 3) -70.9224 -0.800* -0.0126 0.000 0.0304 0.000 -0.0700 0.000 2.20
( 4) 44.6501 0.211* -0.1558 0.000 -1.4346 0.000 1.7054 0.000 3.75

data of individual group space

pos. D( 1) d.D D( 2) d.D D( 3) d.D D(
( 1) 1.9026 -0.189* 28.0340 -0.011* 28.4475 0.284
( 2) 27.7249 0.328* 7.0201 -0.341* 23.6391 0.098
( 3) 50.3745 -0.095* 7.2710 -1.136* 0.7387 1.316

data of coupled group distance

L d.L.
( 1- 4) 58.3841 0.0847*

1-th position OBJD= -0.1000D+23 AL= 72.3740 SDL= 56.8055 EFL= 72.3740
2-th position OBJD= -0.1000D+23 AL= 129.8438 SDL= 56.8055 EFL= 129.8438
3-th position OBJD= -0.1000D+23 AL= 282.5089 SDL= 56.8055 EFL= 282.5089

data of distance from image point and cam

posi 1-cam d.cam 2-cam d.cam 3-cam d.cam 4-cam d.cam
1 217.06 0.00 202.40 0.00 166.36 0.00 132.95 0.00
2 217.06 0.00 176.58 25.82 161.56 4.81 132.95 0.00
3 217.06 0.00 153.93 48.47 138.66 27.71 132.95 0.00

damp.f.= 0.1976D+01 PHAI= 0.8223D+02 APHAI= 0.2626D+04

*: ISLT=01 given equality, $: ISLT=02 specified equality, #: ISLT=02 but exists within lower and
upper,
!: ISLT=02 but abandoned because of dependency to preceding equality.

present last target weight inc. merit amerit
( 1) (2FB -1FB ) 0.0000 0.0000 0.0000 10.0000 0.0000 0.000000 0.000000
( 2) (3FB -1FB ) 0.0000 0.0000 0.0000 10.0000 0.0000 0.000000 0.000000
( 3) (1F ) 72.3740 72.8095 71.9978 10.0000 -0.4355 1.415045 6.588843
( 4) (2F ) 129.8438 130.4155 129.9975 10.0000 -0.5716 0.236104 1.747086
( 5) (3F ) 282.5089 296.1127 280.0000 10.0000 -13.6038 62.9447062596.191469
( 6) (1FB ) 56.8055 58.3284 # 38.5000L 1000.0000U -1.5229 0.000000 0.000000
( 7) (1LTRK ) 217.0599 217.7355 # 0.0000L 220.0000U -0.6756 0.000000 0.000000

```

(8)	(1D(1)	)	1.9026	2.0912	#	1.0000L	1000.0000U	-0.1885	0.000000	0.000000
(9)	(2D(1)	)	27.7249	27.3971	#	1.0000L	1000.0000U	0.3279	0.000000	0.000000
(10)	(3D(1)	)	50.3745	50.4693	#	1.0000L	1000.0000U	-0.0948	0.000000	0.000000
(11)	(1D(2)	)	28.0340	28.0448	#	1.0000L	1000.0000U	-0.0108	0.000000	0.000000
(12)	(2D(2)	)	7.0201	7.3614	#	1.0000L	1000.0000U	-0.3412	0.000000	0.000000
(13)	(3D(2)	)	7.2710	8.4073	#	1.0000L	1000.0000U	-1.1364	0.000000	0.000000
(14)	(1D(3)	)	28.4475	28.1635	#	1.0000L	1000.0000U	0.2840	0.000000	0.000000
(15)	(2D(3)	)	23.6391	23.5410	#	1.0000L	1000.0000U	0.0981	0.000000	0.000000
(16)	(3D(3)	)	0.7387	-0.5772	\$	1.0000L	1000.0000U	1.3159	0.000000	0.000000
(17)	(1dp1	)	8.9617	9.0939		7.9365	1.0000	-0.1322	1.051102	1.339651
(18)	(1dp2	)	-18.9625	-19.3518		-15.6499	1.0000	0.3892	10.973518	13.703901
(19)	(1dp3	)	-14.0999	-14.2608		-12.0642	1.0000	0.1609	4.144165	4.824999
(20)	(1dp4	)	22.3964	22.5028		22.7503	1.0000	-0.1064	0.125264	0.061249
(21)	(1BT-2	)	-1.1343	-1.1251		-1.3390	1.0000	-0.0092	0.041907	0.045760
(22)	(2BT-2	)	-2.5513	-2.5056		-3.4959	1.0000	-0.0457	0.892236	0.980725
(23)	(1BT-3	)	0.3350	0.3368		0.3174	1.0000	-0.0018	0.000310	0.000378
(24)	(2BT-3	)	0.2672	0.2709		0.2195	1.0000	-0.0037	0.002276	0.002644
(25)	(3BT-3	)	-0.0557	-0.0730		0.0412	1.0000	0.0173	0.009386	0.013047
(26)	(1BT-4	)	-1.7068	-1.7472		-1.3446	1.0000	0.0403	0.131215	0.162048
(27)	(2BT-4	)	-1.7068	-1.7472		-1.3447	1.0000	0.0403	0.131143	0.161968
(28)	(3BT-4	)	-1.7068	-1.7472		-1.3447	1.0000	0.0403	0.131143	0.161968

linear approximation, requirement and actual movement

(16) 1.5772 1.5772 1.3159 であり、parameter の変化量や収差の様子が出力されている。

§ 9-5 初期 data の作製

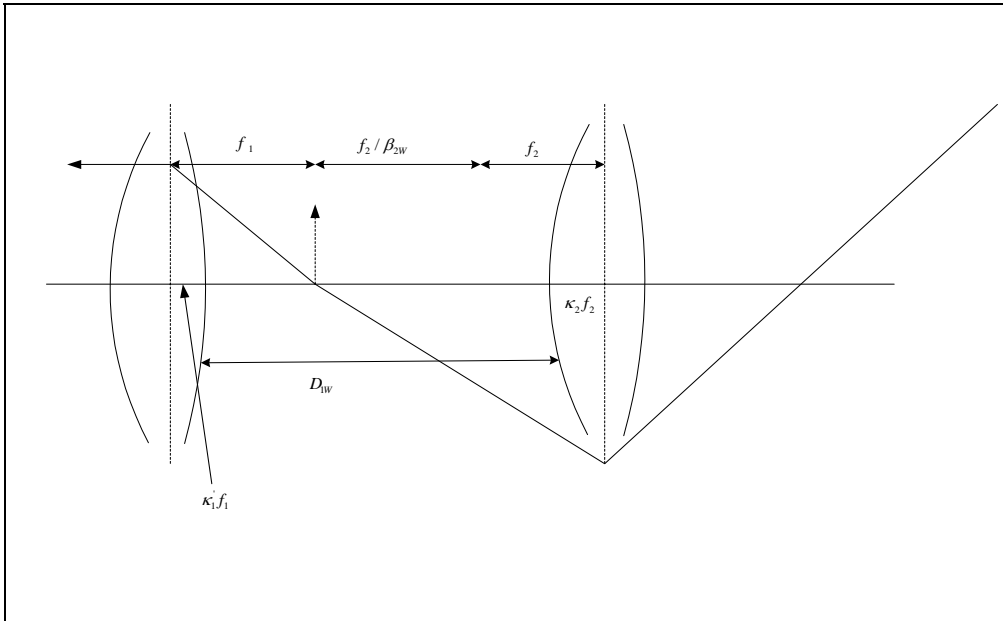
§ 9-5-1 power 決定方程式

各群の power や間隔の決定は各人の様式があり、特殊なものは方程式による解があるが、PZOOM_Tab-3 の を選べばある程度一般的な形での power や間隔が決定できる。ここでは 4 種類の power 決定方程式を紹介する。

§ 4 各群のパワーの決定

第 1 面から第 1 主点までの長さ、最終面から第 2 主点までの長さ、第 1 面から最終面までの長さ、これらを焦点距離で割った値を κ, κ', τ とする。

(A) 第 1,2,3 群のパワー決定



第一群と第二群との間隔および第二群による結像倍率を wide 端で D_{1W}, β_{2W} 、tele 端で D_{1T}, β_{2T} とすれば、第一群の後ろ側主平面から第二群の前側主平面の距離は

$$-\kappa_1' f_1 + D_{1W} + \kappa_2 f_2 = f_1 - \frac{f_2}{\beta_{2W}} + f_2 \quad (9-1)$$

$$-\kappa_1' f_1 + D_{1T} + \kappa_2 f_2 = f_1 - \frac{f_2}{\beta_{2T}} + f_2 \quad (9-2)$$

と表されるが、この差を取れば

$$f_2 = \frac{D_{1W} - D_{1T}}{1/\beta_{2T} - 1/\beta_{2W}}$$

が得られ、これを (1) に代入すれば、

$$f_1 = \{D_{1W} + (\kappa_2 + 1/\beta_{2W} + 1)f_2\} / (1 + \kappa_1')$$

が得られる。

この式は古典的四群ズームレンズの第一群、第二群のパワー決定や、最近の二群ズームレンズのパワー決定に用いられる。

第 3 群に対する物体は 1,2 群で作られた結果であるため、物体距離は任意の値を選べない。第 3 群に対する物体距離を L_{3W} と L_{3T} とし、倍率を β_{3W}, β_{3T} 、第 3 群の焦点距離を f_3 とすれば、

$$-L_{3W} + \kappa_3 f_3 = -f_3 / \beta_{3W} + f_3$$

が成立し、整理すれば

$$L_{3W} = (\kappa_3 + 1/\beta_{3W} - 1)f_3 \quad (9-3)$$

が成立し、同様に

$$L_{3T} = (\kappa_3 + 1 / \beta_{3T} - 1) f_3 \quad (9-4)$$

が成立する。変数は $\beta_{3W}, \beta_{3T}, f_3$ の 3 個であるが、このうちの 2 個が自由度にとれる。ここで、第 3 群による倍率変化の分担量を

$$\beta_{3T} / \beta_{3W} = V \quad (9-5)$$

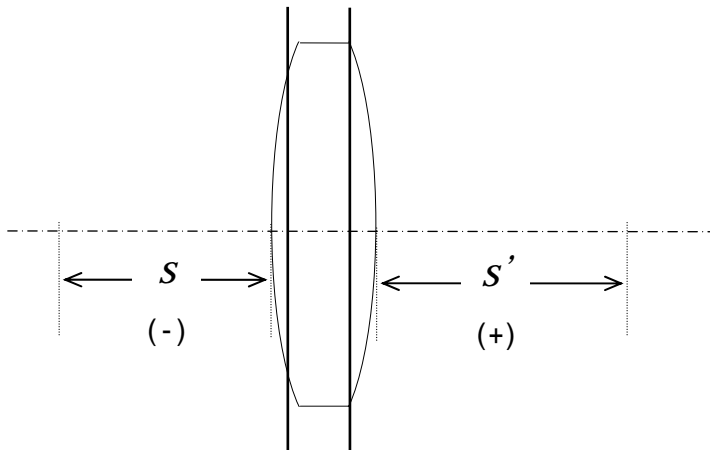
とし、(3) 式を(4) 式で割り (5) 式を用いば、

$$\frac{1}{\beta_{3W}} = \frac{(L_{3T} - L_{3W})(1 - \kappa_3)}{L_{3T} - L_{3W} / V}$$

$$f_3 = \frac{L_{3W}}{\kappa_3 + \frac{1}{\beta_{3W}} - 1} \quad (9-6)$$

が得られる。この式は高倍ズームの第三群のパワー決定に用いられる。

(B) 特定倍率で結像する条件



次の方程式は特定位置の物点を特定倍率で結像するという条件下の power 決定方程式である。上図の如く、その群の第 1 面から物体までの距離を s とし、横倍率を β とすれば物点から第 1 主点までの距離は

$$-s + \kappa f = -f / \beta + f \quad (9-7)$$

であるため

$$f = \frac{s}{\kappa + 1/\beta - 1} \quad (9-8)$$

と power を決定できる。この式を逆に

$$s = (\kappa + 1/\beta - 1)f \quad (9-9)$$

と表現すれば、すでに power の決定された lens 群を で結像するための lens 位置が決定出来る。

(C) 特定位置に結像する条件

次に群の最終面からの s' の位置に で結像する条件は

$$f - \beta f = -\kappa'f + s' \quad (9-10)$$

より

$$f = \frac{s'}{1 - \beta + \kappa'} \quad (9-11)$$

である。

(D) 倍率と total track

total track(物像間距離)が L で結像倍率が になる power は

$$f = \frac{L}{2 - \beta - 1/\beta + (\tau - \kappa + \kappa')} \quad (9-12)$$

で与えられる。

さて以上の方程式を組み込んだ menu が **I** であり

```

(R, )=return to main
(M)=decide F(1),F(2) by movement and behta at wide and tele
(MK)=decide F(K) by lens location at wide and tele
      and magnification ratio between wide and tele,
      where K must be greater or equal 3
(L)=decide last group power to satisfy input F
(DF)= decide D and F to satisfy afocal cond.
(S)=re-scale to satisfy input F
(1)=decide F(1) by input total F and residual behta
(B)=decide single or group power to satisfy behta
(D)=decide D to satisfy behta

```

と成っておりこれを用いた具体的設計は § 9-5-3 で行われる。

§ 9-5-2 方程式による初期 data の作製

特殊な場合には方程式によって解が得られる。まず menu(Q) を選べば

```

(R, )=return to main
(2)=2-group zoom
(T)=tele-photo-type, (W)=Retro-focus-type

```

と表示される。

(2)は参考文献(3)の § 2.3 に従って 2 群 zoom の power を決定するが、wide において必要とされる back focus と tele 端における両群の間隔を入力すれば、両群の焦点距離と wide 端における間隔が決定される。

(T)は参考文献(3)の § 2.1 に従って望遠 lens の power 決定問題を取扱うが、2 つの mode があり、tele 比のみから決定する方法と tele 比と第 2 群による横倍率 から決定する方法が用意されている。前者の場合は各群の κ , κ' , τ を零、すなわち薄 lens として取り扱い、 $[f_1-f_2]$ minimum の条件より解を得ている。

(W)は参考文献(3)の § 2.2 に従って retro-focus type の power が決定される。まず第 2 群による横倍率 β_2 の入力要請があり、この値によって第 1 群の power を定め、次に back focus の入力があってこの値を満足するように第 2 群の power を定めている。

§ 9-5-3 具体的例題

§9-5-3-1 古典的四群ズーム

§9-5-3-1-1 凸コンペンセーター

第1群と第4群が像面に対して固定されている場合、第2群を variator として使うとすれば、第3群の power は、カム形状に都合の良い値が選択出来る。[PZOOM] の使用法自体は厚レンズ(, ', 0)でも、薄レンズ(= '= =0)でも同じなので、薄レンズで説明する。

まず、[PZOOM] [NEWGEN] で LS=4, NZOOM=3 とし、各 position の EFL だけをそれぞれ、80.0, 120.0, 200.0 とし、第3-Tab の [I] [M] と進み variator が 40mm 移動することにより、 $\beta_{2w} = -0.6324$ $\beta_{2T} = -1.5811$ と変化する条件より、

```

F(1) and F(2) are decided as follows
(1):decide F(2) by movement of 2-nd group and behta of wide and tele
(11): decide F(1) to generate proper image for 2-nd group at wide state

Decision of F(2)
D1W,D1T: D(1) in wide and tele state
BT2W,BT2T: behta of wide and tele state

      D1W      D1T      BT2W      BT2T
      1.0000    41.0000    -0.6324    -1.5811

Decision of F(1)
F(1) is decided by D1W and BT2W used for F(2)

      1~2-group Fw= -69.4515      Ft= -173.8387

OBTAINED F(1)= 109.8221      F(2)= -42.1582

ARE YOU ALL RIGHT ? (Y/N)
  
```

の如く F(1), F(2)を決める。倍率 β_2 はズーム比Zより

$$\beta_{2w} = -\frac{1}{\sqrt{Z}}, \beta_{2T} = -\sqrt{Z}$$

より決定される基準値である。次に F(3)は任意であるので、第2-Tab の [C] を選び、一旦、F(3)=100.0

```

each group focal length
      F(1)      F(2)      F(3)      F(4)      F(
      109.8221  -42.1582  100.0000  0.0000
  
```

と選び、レンズの位置を

```

1-th position D-value
      D(1)      D(2)      D(3)      D(
      1.0000    41.0000    10.0000
  
```

F(1)=		108.822		F(2)=		-42.158	
F(3)=		100.000		F(4)=		141.358	
pos.	F	Fb	LTRK	D(1)	D(2)	D(3)	D(4)
(4)	80.000	125.388	177.388	1.000	41.000	10.000	
(4)	110.961	125.388	177.388	20.000	30.455	1.545	
(4)	200.012	125.388	177.388	41.000	1.005	9.985	
pos.	behta(1)	behta(2)	behta(3)	behta(4)	behta(5)	behta(6)	behta(7)
(1)	0.000	-0.632	0.000	0.000			
(2)	0.000	0.000	0.000	0.000			
(3)	0.000	-1.581	0.000	0.000			

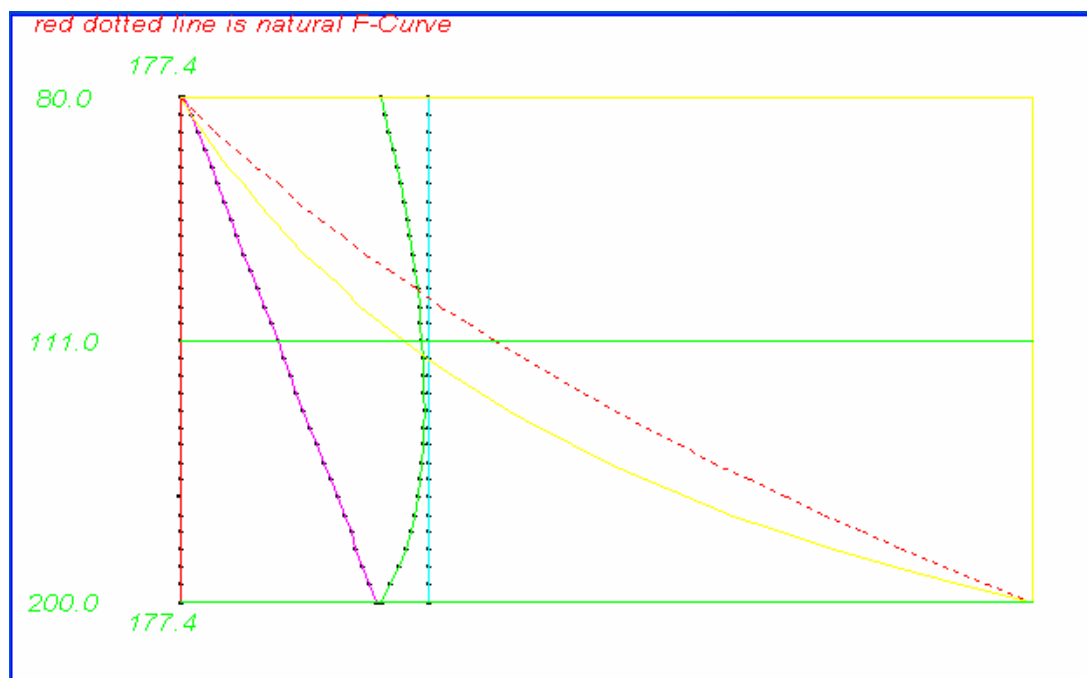
が得られ、 M を選んで

```

LNCM: linear cam no.
INFIF1,INFIF2: back focus adjust space no.
KFBCPR: flag to compare back focus (MD-focus only)
LNCM(1,2),INFIF1(3,4),INFIF2(5,6),KFBCPR(7,8)
020203 0

```

と入力すれば、カム形状として



が得られる。

§9-5-3-1-2 凹コンペンセーター

この場合は、 I M で F(1), F(2)を決定した後、 C で

each group focal length				
F(1)	F(2)	F(3)	F(4)	F(5)
109.8221	-42.1582	-100.0000	0.0000	

1-th position D-value			
D(1)	D(2)	D(3)	D(4)
1.0000	40.0000	1.0000	

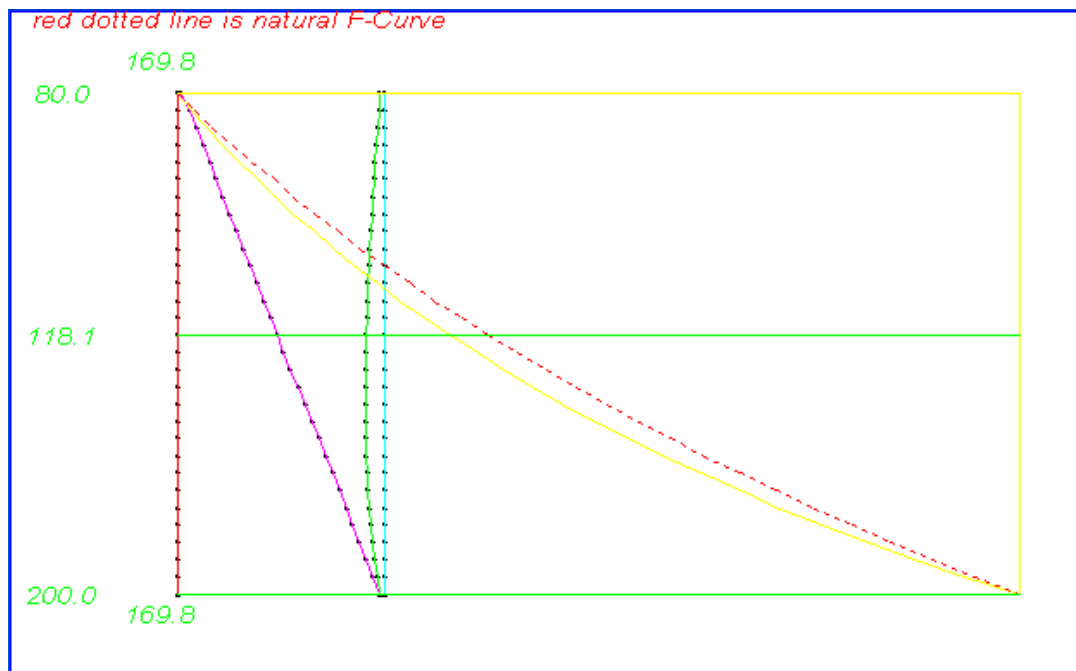
2-th position D-value			
D(1)	D(2)	D(3)	D(4)
20.0000	20.0000	2.0000	

とし、前回と同じ手順を踏めば

pos.	F	Fb	LTRK	D(1)	D(2)	D(3)	D(4)
(4)	80.000	127.752	189.752	1.000	40.000	1.000	
(4)	118.140	127.752	189.752	20.000	18.325	3.675	
(4)	200.018	127.752	189.752	41.000	-0.001	1.001	

pos.	behta(1)	behta(2)	behta(3)	behta(4)	behta(5)
(1)	0.000	-0.832	0.000	0.000	
(2)	0.000	0.000	0.000	0.000	
(3)	0.000	-1.581	0.000	0.000	

が得られ、そのカム形状は、



が得られることになる。

§9-5-3-1-3 ワンタッチ型

ワンタッチ型とはコンペンセーターが一方方向のみに移動するものを言うが、この場合バリエーターの倍率は等倍を通過出来ない。これは、等倍点で像点がUターンを起こすためである。バリエーターのパワーは、凹凸のどちらでも良く、凸ならば右、凹ならば左に動く。まず、 F_1 、 F_2 をバリエーターの倍率によって

```
F(1) and F(2) are decided as follows
(1):decide F(2) by movement of 2-nd group and behta of wide and tele
(11): decide F(1) to generate proper image for 2-nd group at wide state

Decision of F(2)
D1W,D1T: D(1) in wide and tele state
BT2W,BT2T: behta of wide and tele state

D1W      D1T      BT2W      BT2T
1.0000  41.0000  -0.4000  -1.0000

Decision of F(1)
F(1) is decided by D1W and BT2W used for F(2)

1~2-group Fw= -37.7333  Ft= -84.3333

OBTAINED F(1)=  84.3333  F(2)= -26.6667

ARE YOU ALL RIGHT ? (Y/N)
```

と決定する。次に で $F_3 = 100.0$

```
each group focal length

F(1)      F(2)      F(3)      F(4)      F(
84.3333  -26.6667  100.0000  F(
```

とし、tele 端の間隔を

```
3-th position D-value

D(1)      D(2)      D(3)      D(
41.0000  1.0000  1.0000  D(
```

と与え、tele 端での焦点距離が所望の値となるように

```
we are going to decide last group power to fit F
answer execute position no. with (12)
03

target total focal length at this position
200.0000

3-th position D-value

D(1)      D(2)      D(3)      D(
41.0000  1.0000  1.0000  D(
```

とすれば、 F_4 として、

```

obtained F( 4)= 59.0199
Please push enter key to proceed
If you push P, PRINT_FIG-option is executed

```

が得られる。この後で **P** , **B** を行うが、第3-Zoom position (tele 端)を常に規準にとる。これより

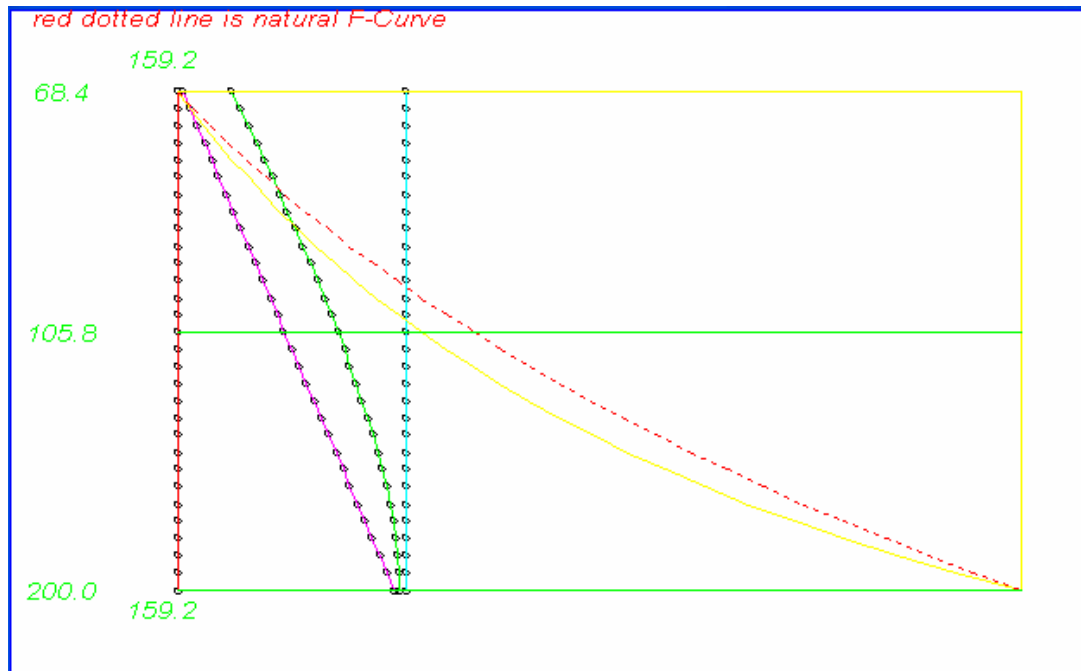
```

-----
F( 1)= 94.333 F( 2)= -28.887 F( 3)= 100.000 F( 4)= 59.020
pos.   F      Fb     LTRK   D(1)   D(2)   D(3)   D(
( 4)   68.404 118.182 159.182 1.000  9.258  32.742
( 4)   105.924 118.182 159.182 20.000 10.131 12.989
( 4)   200.000 118.182 159.182 41.000 1.000  1.000

pos.   behta(1) behta(2) behta(3) behta(4) behta(
( 1)   0.000  -0.400  0.000  0.000
( 2)   0.000  0.000  0.000  0.000
( 3)   0.000  -1.000  0.000  0.000

```

が得られ、カム形状を見れば



となっている。次に $F_3 = -100.0$ とし、tele 端での D_3 を 15.0 とし、全く同じ手順を踏めば

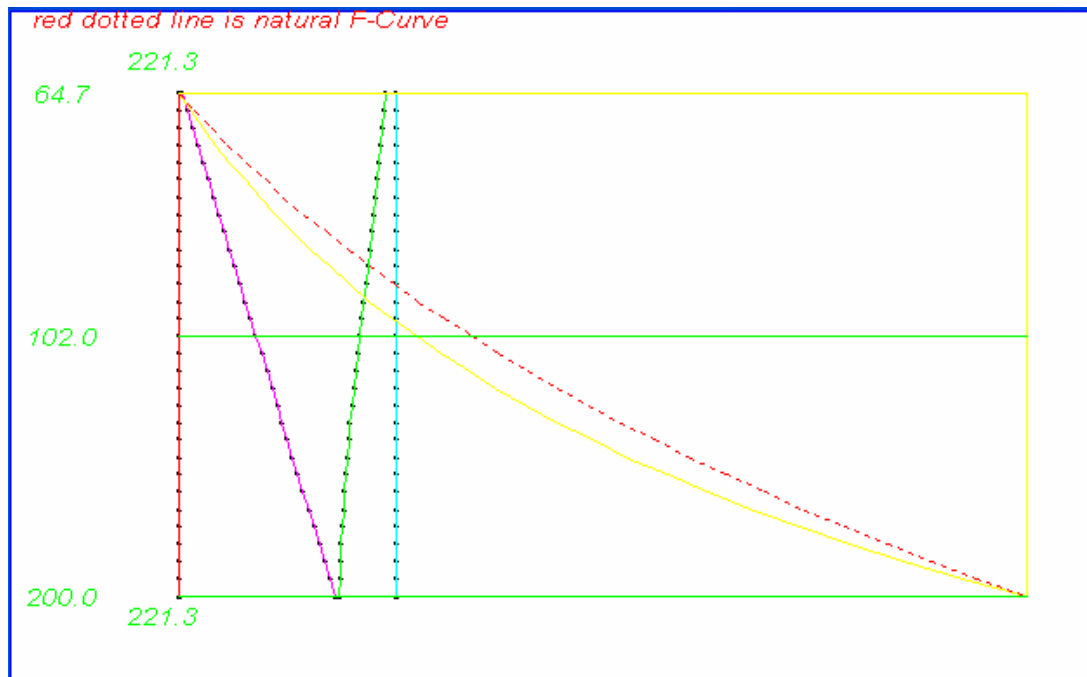
```

-----
F( 1)= 94.333 F( 2)= -28.887 F( 3)= -100.000 F( 4)= 38.453
pos.   F      Fb     LTRK   D(1)   D(2)   D(3)   D(
( 4)   64.749 184.275 221.275 1.000  53.352  2.648
( 4)   101.935 184.275 221.275 20.000 27.735  9.285
( 4)   200.000 184.275 221.275 41.000 1.000  15.000

pos.   behta(1) behta(2) behta(3) behta(4) behta(
( 1)   0.000  -0.400  0.000  0.000
( 2)   0.000  0.000  0.000  0.000
( 3)   0.000  -1.000  0.000  0.000

```

が得られ、そのカム形状は



となっている。

§9-5-3-2 2群ズーム

35 ~ 70 を凹凸 2 群ズームで実現する場合は と進み、LS=2, NZOOM=3 とし、 に於いて、

```

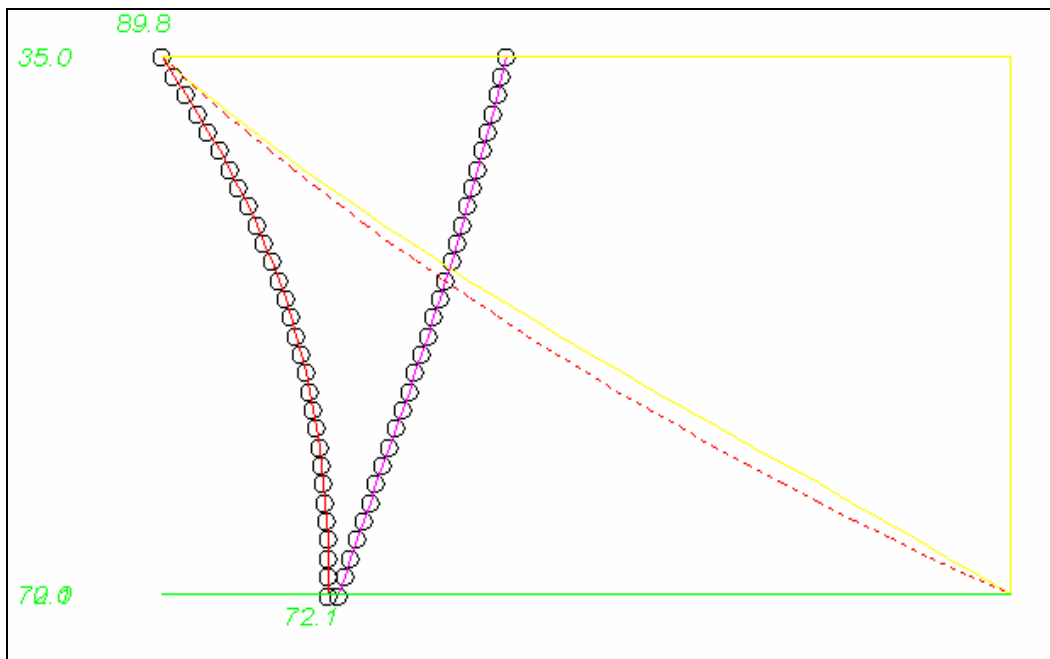
F(1) and F(2) are decided as follows
(1):decide F(2) by movement of 2-nd group and behta of wide and tele
(11): decide F(1) to generate proper image for 2-nd group at wide state

Decision of F(2)
D1W,D1T: D(1) in wide and tele state
BT2W,BT2T: behta of wide and tele state
D1W      D1T      BT2W      BT2T
35.0000  1.0000  -0.5      -1.0000

Decision of F(1)
F(1) is decided by D1W and BT2W used for F(2)
1~2-group Fw= 33.5000  Ft= 67.0000
OBTAINED F(1)= -67.0000  F(2)= 34.0000
ARE YOU ALL RIGHT ? (Y/N)

```

とすれば、ほぼ目的を達することが出来、そのカム形状は



となる。但し、間隔の変化量が決められている場合、所定の焦点距離を持つためには β_{2W} , β_{2T} を勝手な値にすることは出来ない。

もう一つの二群ズームの例として、コンパクトカメラに用いられる凸凹2群の実例としては28~84用として

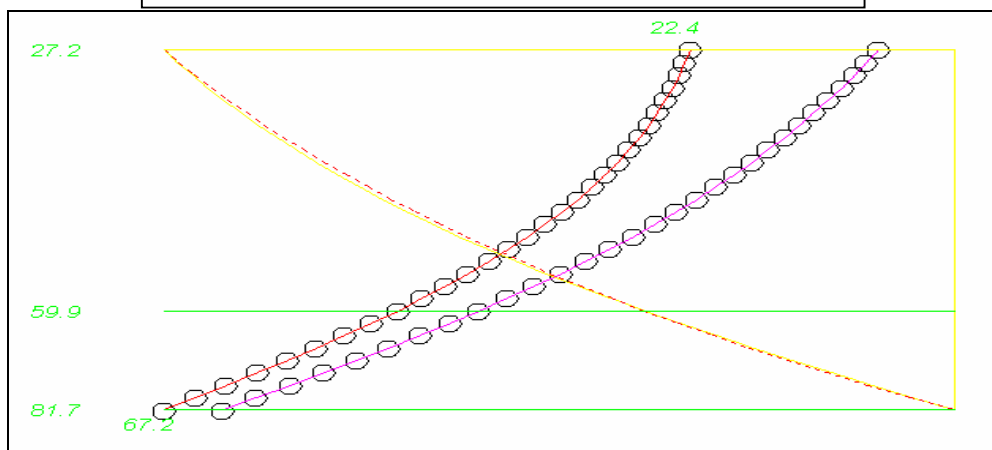
```

F(1) and F(2) are decided as follows
(I):decide F(2) by movement of 2-nd group and behta of wide and tele
(II): decide F(1) to generate proper image for 2-nd group at wide state

Decision of F(2)
D1W,D1T: D(1) in wide and tele state
BT2W,BT2T: behta of wide and tele state
-----
D1W      D1T      BT2W      BT2T
18.0000  5.0000   1.3000   3.8000

Decision of F(1)
F(1) is decided by D1W and BT2W used for F(2)
1~2-group Fw= 27.2350  Ft= 81.7050
OBTAINED F(1)= 20.9500  F(2)= -21.4500
ARE YOU ALL RIGHT ? (Y/N)

```



を示すが、これはズーム双眼鏡でも使われている。

§9-5-3-3 乗換え型

§9-5-3-1 の場合、第3群は単に像点を一定点に保つという役割しか果たしていないが、これに追加して倍率変化も持たせようとするものである。この場合第3群が等倍を通過しなければ、次節 §9-5-3-4 のように設計すれば良いが、等倍を通過する場合、解の乗換えが起る。

Nikon の 50~300 はこの型であり、実物のカムについて §17-4 で論じてあるが、ここではこれを参考に近軸設計を試みよう。まず第2群が右へ 65mm 移動するとして、§9-5-3-1 のように I M により、

```
F(1) and F(2) are decided as follows
(I):decide F(2) by movement of 2-nd group and behta of wide and tele
(II): decide F(1) to generate proper image for 2-nd group at wide state

Decision of F(2)
D1W,D1T: D(1) in wide and tele state
BT2W,BT2T: behta of wide and tele state

      D1W      D1T      BT2W      BT2T
-----
1.0000  68.0000  -1.4300  -1.1000

Decision of F(1)
F(1) is decided by D1W and BT2W used for F(2)

      1~2-group Fw= -68.0499      Ft= -168.9649

OBTAINED F(1)= 153.6045      F(2)= -45.8881

ARE YOU ALL RIGHT ? (Y/N)
```

と決定する。次に §9-5-3-4 の如く第3群が左へ 35mm 移動して、倍率 2.5 倍をかせぐとして MK により、F(3)を

```
Decision of F(3)
D2w, D2t space in wide and tele state
V =(behta at tele)/(behta in wide) : zero--> return

      D2w      D2t      V
-----
100.0000  1.0000  2.5000

used Lw= -165.6199      Lt= -97.3849

      1~3-group Fw= 30.1117      Ft= 182.5747

obtained F(3)= 51.8818
      behta-W= -0.4558      behta-T= -1.1397

ARE YOU ALL RIGHT ? (Y/N)
```

と決定し、最終群の power を第1 position で $f=50$ となるように、(L)によって

```

we are going to decide last group power to fit F
answer execute position no. with (12)
01

target total focal length at this position
50.0000

1-th position D-value
D(1)    D(2)    D(3)    D(
1.0000  100.0000  10.0000

obtained F( 4)= -184.8818
                Please push enter key to proceed
If you push P, PRINT_FIG-option is executed

```

と決定する。次に第 2 position で第 2, 第 3 群が等倍で作用するように **D** によって D_2 , D_3 を

```

answer executed position no. and space no. with (212)
0201

BETA(2) in 2-th position
-1.0000

obtained D( 1)= 61.8284
                Please push enter key to proceed
                If you push P, PRINT_FIG-option is executed

answer executed position no. and space no. with (212)
0202

BETA(3) in 2-th position
-1.0000

obtained D( 2)= 11.9471
                Please push enter key to proceed
                If you push P, PRINT_FIG-option is executed

```

と決定する。次に **P** によって第 1 position を規準にして第 1 群と第 4 群を couple して, **DPL** を選べば

F(1)=	153.805	F(2)=	-45.888	F(3)=	51.882	F(4)=	-184.882
pos.	F	F _B	LTRK	D(1)	D(2)	D(3)	D(
(4)	50.000	108.770	219.770	1.000	100.000	10.000	
(4)	257.839	111.537	223.537	61.828	11.947	37.224	
(4)	324.581	112.889	223.889	68.000	1.000	44.000	
pos.	behta(1)	behta(2)	behta(3)	behta(4)	behta(
(1)	0.000	-0.430	-0.456	0.000			
(2)	0.000	-1.000	-1.000	0.000			
(3)	0.000	-1.100	-1.140	0.000			

となっている。これでは第 1, 第 3 -position の F_B が違うので第 2 position に一致させるべく **BFPOS** により、

```

we are going to adjust back focus
at at certain position(KPOS) to certain value(VALUE)

back focus adjusted new space no. with (212)
INFIF1(1,2),INFIF2(3,4)
0203

KPOS  VALUE  : KPOS=0 -->return
1  111.537

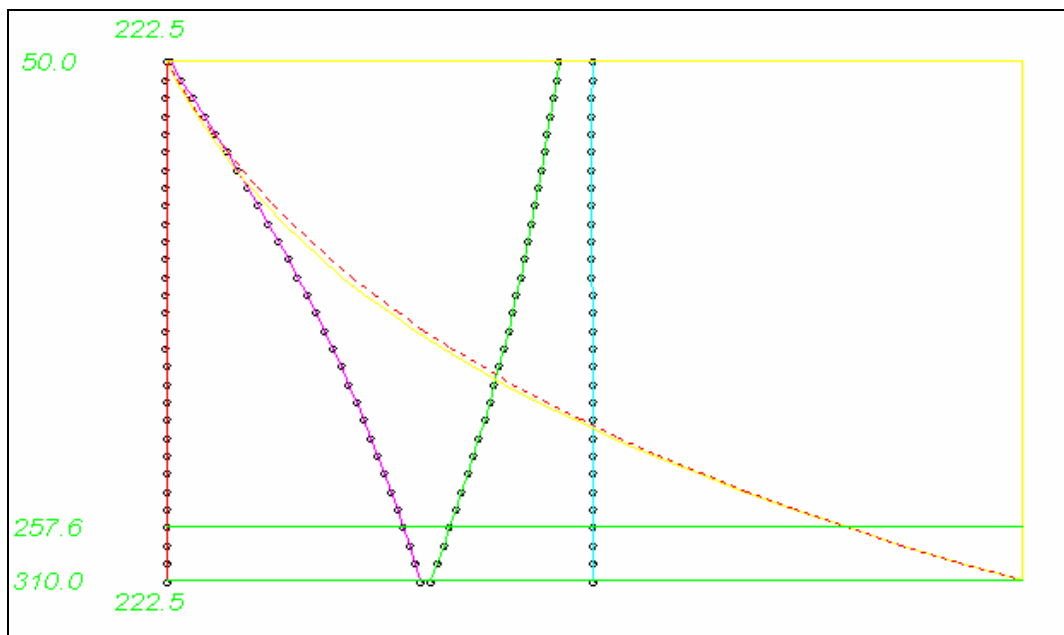
KPOS  VALUE  : KPOS=0 -->return
3  111.537

KPOS  VALUE  : KPOS=0 -->return
0  0.0

```

とすれば、最終的に

F(1)=	153.805	F(2)=	-45.888	F(3)=	51.882	F(4)=	-184.882
pos.	F	Fb	LTRK	D(1)	D(2)	D(3)	DC
(4)	49.957	111.537	222.537	1.000	101.251	8.749	
(4)	257.839	111.537	222.537	81.828	11.947	37.224	
(4)	309.984	111.537	222.537	88.000	2.911	42.089	
pos.	behta(1)	behta(2)	behta(3)	behta(4)	behta(
(1)	0.000	-0.430	-0.458	0.000			
(2)	0.000	-1.000	-1.000	0.000			
(3)	0.000	-1.100	-1.140	0.000			



が得られることになる。

§ 9-5-3-4 三群で二個の variator を持つ場合

(9 6)式を 28~200 凸凹凸の 3 群タイプに適用してみることにする。まず、タイプの選択をするために TEST_DATA 中の 80_200.KSK を取り出し、 と進み、14~24 面を消去する。この時 INF41=10, INF42=13, IPTP(3)=13 となっているため不都合が生ずるので、 によって、これ等を消去する。次

に **LCARD**

Tab-2 **GNPZCR** と進み、この data の近軸関係を PZOOM.CRD に書込む。次に

INITIAL

PZOOM

Tab-3

I

M

と進み、第 1, 2 群の power を

```
F(1) and F(2) are decided as follows
(1):decide F(2) by movement of 2-nd group and behta of wide and tele
(1): decide F(1) to generate proper image for 2-nd group at wide state
Please push enter key to proceed

If you push P, PRINT_FIG-option is executed

Decision of F(2)
D1W,D1T: D(1) in wide and tele state
BT2W,BT2T: behta of wide and tele state
-----
D1W      D1T      BT2W      BT2T
2.0000  42.0000  -0.3000  -0.3000
-----
Decision of F(1)
F(1) is decided by D1W and BT2W used for F(2)
1~2-group Fw= -26.0227   Ft= -78.0680
OBTAINED F(1)= 88.7422   F(2)= -18.0000
ARE YOU ALL RIGHT ? (Y/N)
```

と決定し、第 3 群の power を **MK** を選んで、

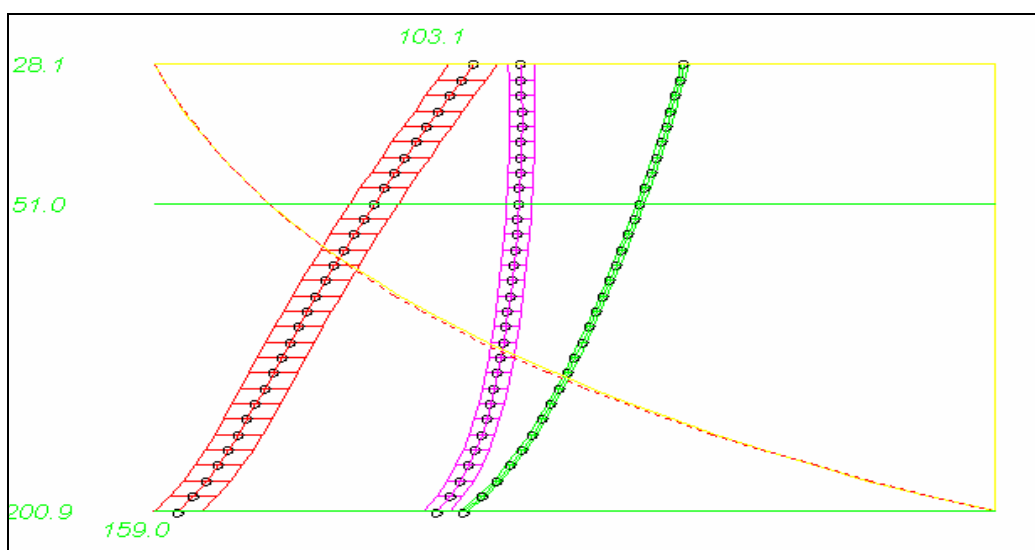
```

      K      ; group number whose focal length is decided (K .GE. 3)
      3
-----
Decision of F(3)
D2w, D2t space in wide and tele state
V =(behta at tele)/(behta in wide)
-----
D2w      D2t      V
27.8000  2.0000  2.3800
-----
used Lw= -53.3114   Lt= -38.3114
1~3-group Fw= 28.1360   Ft= 200.8911
obtained F(3)= 27.9705
      behta-W= -1.0812   behta-T= -2.5733
ARE YOU ALL RIGHT ? (Y/N)
```

と決定する。その後で **DPL** を行えば

```
-----
F( 1)= 88.742 F( 2)= -18.000 F( 3)= 27.970 F(
pos.      F      D(1)      D(2)      D(
( 1)      28.136      2.000      27.800
( 2)      51.011      20.000      20.000
( 3)      200.891      42.000      2.000

pos.      behta(1) behta(2) behta(3) behta(
( 1)      0.000      -0.300      -1.081
( 2)      0.000      0.000      0.000
( 3)      0.000      -0.900      -2.573
```



となり、満足すべき状態であることが判る。ここで「SCLDAT」によって scaling data を作った後で「LCARD」 Tab-2 「RCVSCL」を行えば、元の data が scaling されて、28~200 の zoom lens が出来上がる。勿論これは近軸領域のみである。