

§6 感度と公差の計算(TLDLS , TOLE , QLDLS)

§6-1 感度の計算(TLDLS)

DLS、**TLDLS**、**QLDLS**を実行する場合と**CHART**に於いて構成 parameter が擾乱を受けた場合の simulation を行う場合は DLS 制御部が必要であるが、**DLS**以外は KBDEDT = 1 でなければ実行できない。

§5-1 で説明した F_i , X_j に対し、j-番目の parameter X_j が ΔX_j だけ変化した時の収差の変化量は、

$$\Delta F_{ij} = F_i(X_1, \dots, X_j + \Delta X_j, \dots, X_n) - F_i(X_1, \dots, X_j, \dots, X_n) \quad (6-1-1)$$

で与えられ、これを i, j に関して表にしたものを変化表と呼び、hand method による設計が主流の時代では重宝されていたものである。しかし、今では設計途中で用いるのではなく設計が終了した段階で各構成 parameter の性能に対する感度として捉えて公差の決定に利用している。

この式に於いて逆に ΔF_i を指定し(DRIFT= ΔF_i として、収差指定の所で行う)、それに対応する ΔX_j を求めることを逆感度計算と呼んでいる。

準備されている parameter は §5-2-2 で説明したものとほぼ同じであるが、いくつかの parameter は省略されているので、再度説明する。

(Tg-1) : 曲率を Newton 本数に変換した変数で IR で選択し、基準変化量として GOSAR を用いる。追加 option として NEWTMS および KBALS が用意されている(後述)。

(Tg-2) : 間隔変化であり、ID で選択し、基準変化量は GOSAD である。追加 option として組み合わせ変化(KJUJK)がある(後述)。

(Tg-3) , (Tg-4) : ガラスが変化した場合で IN で選択し、基準変化量として GOSAN , GOSAV を用いる。

- (Tg-5) : cam が変化した時で IPTPCH で指定し、基準値として GOSACM を用いる。
- (Tg-6) : independent tilt で [Tab-1] で選択し、基準変化量として GOSATL(単位分)を用いる。
- (Tg-7) : 胴付 tilt と呼ばれるもので、鏡筒に当てられる側の偏芯は零でその反対側が嵌合誤差(GOSASH:単位 mm)に相当する分だけ偏芯を起こすとした変化量。入力は 1 と 2 の組み合わせで行い、2 が同付面に相当する。<資料:6-1-A>では[Tab-2]に 121 2 2 121 と入力され、第 1, 2-lens 群は後面を鏡筒に当て、第 3, 4-lens 群は前面を鏡筒に当てていることになる。
- (Tg-8) : group tilt であり[Tab-3]で指定し、基準変化量は GOSATL を用いる。すでに説明したとおり、2組の整数で偏芯を起こす面から面までを指定するため
01030812
と入力すれば第 1 面から第 3 面までと第 8 面から第 12 面までが全体として tilt を起こすことになる。ただし、その回転中心は lens 群の中央にされている。
- (Tg-9) : group shift であり[Tab-4]で指定し、基準変化量は GOSASH で用いる。

§ 3 で作った gauss type の data([GAUSS28.KSK])を IMPORT_RDN によって取り込み、**MINUTE-Tab6** で **KBALS** を選択し、貼合わせ面の接着剤の data を挿入する。次に **DLCTGN** により、収差 data を追加し、F, Fb, marginal spherical aberration を選び、**DCTCHG-Tab4** に於いて KTABEX を on にして **Full Set** を押して **LCOPY** を行えば基礎 lens data として<資料:6-1-A>が得られる。

<資料:6-1-A>

```

1: c basic lens controll data
2: **
3: [GAUSS28.KSK]
4:
5: 11 6 5 5 1
6: 4
1
1

72: -41.4318
73:
74:
75: c balsam index data specified by KBALS
76: BALSAM
77: * from here DLS controll data [DCT-1-11],aberration, boundary,etc
78: * KBDEDT(63-) : flag to enable to use screen editor to change

```

```

79: *      parameter weight, boundary condition and parameter boundary of TLDLS
80: c KEND KTABEX      KHADJY KPTPCH      KBDEDT      KHDABR
81: 30 1              0 0              01          01
82: c IR: give 1 to i-th column when R(i) is variable
83: 11111 11111
84: c ID: give 1 to i-th column when D(i) is variable
85: 11111111111
86: c IN: give 1 to i-th column when i-th lens index is variable
87: 111111

102: 11111 11111
103: 121 2 2 121
104: 1 2 3 5 7 91011
105: 1 2 3 5 7 91011
106: c
107: c from here aberration line
108: c
109: * aberration controll at 1-th zoom position
110: (PARA/F Z1 C1 ) TARGET= 50.0000 WEIGHT=10.0
111: 38.5000 < (PARA/FB Z1 C1 ) <1000.

116: (AXIAL/SPH Z1 C1 HY=1.0)

```

この基礎 data を用いて MAIN-Tab2 で TLDLS と進めば、まず計算基礎データとして

```

c
c name of this file = QLDLS2.CHG
c
c following datum are used in
c TLDLS : compute sensitivity about lens parameter
c QLDLS,CHART3 : simulate produced lens quality using random number
c
c INTPAR : flag to print initial parameter boundary and others
c KQHEIK : if this is non-zero,
c          only average and RMS are printed in QLDLS
c
c KDBLEX : compute plus minus sensitivy in TLDLS
c
c NEWTMS : compute only minus newton parameter variation in TLDLS
c          compute newton using GOSAR2(-2.0) in QLDLS
c
c MAXPDR : maximum parameter drift when computing reverse sensitivity
c
c KEND : simulation executed trial number
c
c KDLS_OTF : flag to change DLS aberration selected OTF computing mode
c          1=use KSPOT mode, 2=KFFT mode for detail see LENS-->OTF
c
c INTPAR  KQHEIK  KDBLEX  NEWTMS  MAXPDR  KEND  KDLS_OTF
c      0      0      0      1      3      30      2
c
c give flag, if you want to get and use best defocus
c
c MTFBST: with simplified method
c KBEST : using many ray
c KWFBST: to minimize wave front aberration
c KRMSBT: to minimize R.M.S of spot
c MTFBSW: maximize diffraction counted OTF
c
c KTBSPT: total best defocus to minimize spot radius
c KTBWFA: total best defocus to minimize RMS of wave front aberration
c
c MTFBST  KBEST  KWFBST  KRMSBT  MTFBSW  KTBSPT  KTBWFA
c      0      0      0      0      0      0      0
c
c not used now
c
c cumulative level to display (QLDLS only, max.=5)
c 0.3  0.5  0.9544  0.0  0.0

```

与えられる。最後のデータは § 6-3-2 で説明するヒストグラム出力の際に用いるレベルの値である。次に、parameter の変化量の指定として

```

Name of this file=T_PARABD.CHG
      LOWER1  UPPER1
G( 1)F      -5.0000  5.0000
G( 1)B      -5.0000  5.0000
G( 2)F      -5.0000  5.0000
G( 2)B      -5.0000  5.0000

      D( 1)      -0.0500  0.0500
      D( 2)      -0.0500  0.0500
      D( 3)      -0.0500  0.0500

      G( 1)Nd     -0.0005  0.0005
      G( 1)V     -0.2000  0.2000

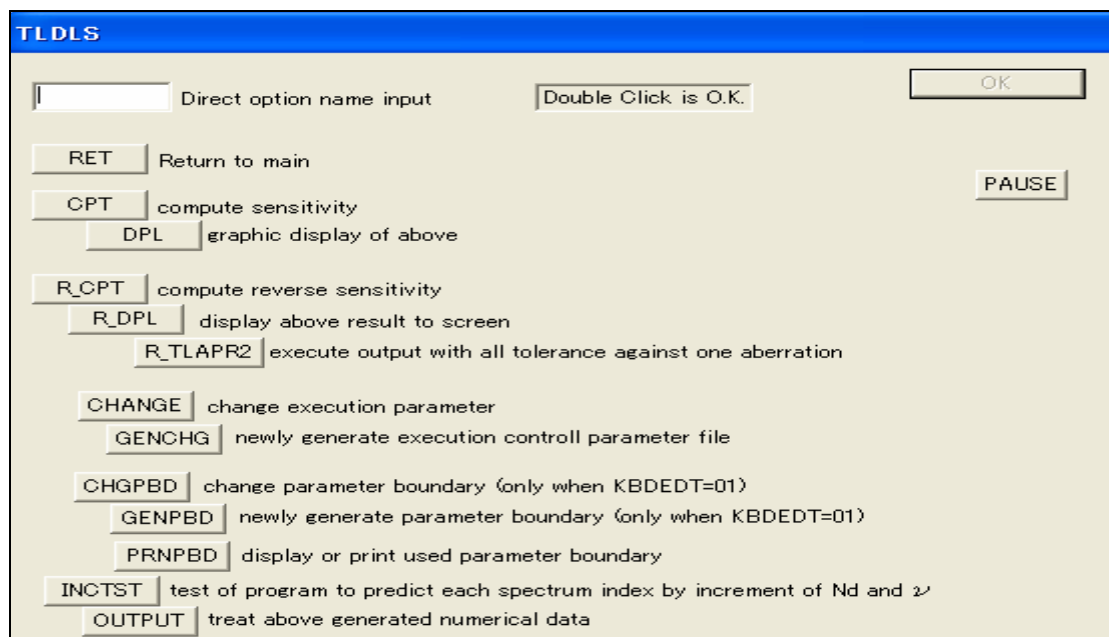
INDTL( 1)Y   -2.0000  2.0000
INDTL( 1)Z   -2.0000  2.0000
INDTL( 2)Y   -2.0000  2.0000
INDTL( 2)Z   -2.0000  2.0000
INDTL( 3)Y   -2.0000  2.0000
INDTL( 3)Z   -2.0000  2.0000

TL( 1- 2D)Y  -0.0150  0.0150
TL( 1- 2D)Z  -0.0150  0.0150
TL( 3- 5D)Y  -0.0150  0.0150
TL( 3- 5D)Z  -0.0150  0.0150

GTL( 1- 2)Y  -2.0000  2.0000
GTL( 1- 2)Z  -2.0000  2.0000
GTL( 3- 5)Y  -2.0000  2.0000
GTL( 3- 5)Z  -2.0000  2.0000

GSH( 1- 2)Y  -0.0150  0.0150
GSH( 1- 2)Z  -0.0150  0.0150
  
```

が与えられるので必要ならば修正する。その後で dialog として



が与えられる。ここで **CPT** を選べば<資料:6-1-B>の如く(1)式の ΔX_j に対応した ΔF_j が数値として与えられる。

<資料 : 6-1- B >

```
# KDLS_OTF=2 : OTF aberration is computed by KFFT-mode(diffraction counted OTF)
```

P-NO.= 1	JTLD= 1	G(1)F	36.612200	is changed to	36.565090	G(1)F
P-NO.= 2	JTLD= 2	G(1)B	111.994900	is changed to	112.472793	G(1)B
P-NO.= 3	JTLD= 3	G(2)F	16.735100	is changed to	16.725959	G(2)F
P-NO.= 4	JTLD= 4	G(2)B	-170.387300	is changed to	-169.090253	G(2)B
P-NO.= 5	JTLD= 5	G(3)F	-170.387300	is changed to	-171.704400	G(3)F
P-NO.= 6	JTLD= 6	G(3)B	13.576600	is changed to	13.586593	G(3)B
P-NO.= 7	JTLD= 7	G(4)F	-15.207400	is changed to	-15.220605	G(4)F
P-NO.= 8	JTLD= 8	G(4)B	34.570800	is changed to	34.636793	G(4)B

BALSAM INDEX=	1.52000	1.53307	1.51689	1.52728	1.52248					
			(1- 1)	(2- 2)	(3- 3)	(4- 4)	(5- 5)	(6- 6)	(7- 7)	(8- 8)
			5.000000	5.000000	5.000000	5.000000	5.000000	5.000000	5.000000	5.000000
			R- 1	R- 2	R- 3	R- 4	R- 4	R- 5	R- 7	R- 8
	Original		G(1)F	G(1)B	G(2)F	G(2)B	G(3)F	G(3)B	G(4)F	G(4)B
(1)	50.001076 (1DEFL)		-0.053168	-0.056146	-0.034191	-0.003340	-0.016119	-0.055620	-0.056987	-0.011395
(2)	39.692103 (1DFB)		-0.070661	-0.072309	-0.043915	-0.003978	-0.019202	-0.061347	-0.049932	-0.009848
(3)	-0.023471 (1DSA0)		-0.003857	-0.002254	-0.006760	-0.001634	-0.007366	-0.016424	-0.013707	-0.005995
posi. # used defocus value										
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
posi. # increment of defocus										
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

P-NO.= 9	JTLD= 9	G(5)F	34.570800	is changed to	34.505058	G(5)F
P-NO.= 10	JTLD= 10	G(5)B	-20.747400	is changed to	-20.726543	G(5)B
P-NO.= 11	JTLD= 11	G(6)F	-800.760400	is changed to	-837.302963	G(6)F
P-NO.= 12	JTLD= 12	G(6)B	-41.431800	is changed to	-41.340098	G(6)B
P-NO.= 13	JTLD= 13	D(1)	2.111800	is changed to	2.161800	D(1)
P-NO.= 14	JTLD= 14	D(2)	0.100000	is changed to	0.150000	D(2)
P-NO.= 15	JTLD= 15	D(3)	3.955800	is changed to	4.005800	D(3)
P-NO.= 16	JTLD= 16	D(4)	3.877200	is changed to	3.927200	D(4)

BALSAM INDEX=	1.52000	1.53307	1.51689	1.52728	1.52248					
			(9- 9)	(10- 10)	(11- 11)	(12- 12)	(13- 13)	(14- 14)	(15- 15)	(16- 16)
			5.000000	5.000000	5.000000	5.000000	0.050000	0.050000	0.050000	0.050000
			R- 8	R- 9	R-10	R-11	D- 1	D- 2	D- 3	D- 4
	Original		G(5)F	G(5)B	G(6)F	G(6)B	D(1)	D(2)	D(3)	D(4)
(1)	50.001076 (1DEFL)		-0.013949	-0.076077	-0.085576	-0.085285	0.005290	0.016668	-0.064335	-0.051387
(2)	39.692103 (1DFB)		-0.012054	-0.062168	-0.069752	-0.067701	-0.033419	-0.028006	-0.183553	-0.151933
(3)	-0.023471 (1DSA0)		-0.006778	-0.020204	-0.007575	-0.014833	-0.002337	-0.002500	-0.025865	-0.017858
posi. # used defocus value										
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
posi. # increment of defocus										
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

P-NO.= 17	JTLD= 17	D(5)	3.377700	is changed to	3.427700	D(5)
P-NO.= 18	JTLD= 18	D(6)	3.103700	is changed to	3.153700	D(6)
P-NO.= 19	JTLD= 19	D(7)	0.718200	is changed to	0.768200	D(7)
P-NO.= 20	JTLD= 20	D(8)	3.592300	is changed to	3.642300	D(8)
P-NO.= 21	JTLD= 21	D(9)	0.100000	is changed to	0.150000	D(9)
P-NO.= 22	JTLD= 22	D(10)	1.878900	is changed to	1.928900	D(10)

P-NO.= 23	JJTL= 23	G(1)Nd	1.804000	is changed to	1.804500	G(1)Nd														
P-NO.= 24	JJTL= 24	G(1)V	46.581692	is changed to	46.781692	G(1)V														
BALSAM INDEX= 1.52000 1.53307 1.51689 1.52728 1.52248																				
			(17- 17)	(18- 18)	(19- 19)	(20- 20)	(21- 21)	(22- 22)	(23- 23)	(24- 24)										
			0.050000	0.050000	0.050000	0.050000	0.050000	0.050000	0.000500	0.200000										
			D- 5	D- 6	D- 7	D- 8	D- 9	D-10	N- 1	V- 1										
		Original	D(5)	D(6)	D(7)	D(8)	D(9)	D(10)	G(1)Nd	G(1)V										
(1)	50.001076	(1DEFL)	0.007269	0.007269	-0.131966	-0.099595	0.012431	0.006180	-0.017519	0.000000										
(2)	39.692103	(1DFB)	-0.000705	-0.000705	-0.063437	-0.045221	-0.003642	-0.001463	-0.023148	0.000000										
(3)	-0.023471	(1DSA0)	0.000992	0.000992	-0.042900	-0.029502	0.002533	0.001177	-0.000639	0.000000										
posi.	# used defocus value																			
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000										
posi.	# increment of defocus																			
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000										
P-NO.= 25	JJTL= 25	G(2)Nd	1.568730	is changed to	1.569230	G(2)Nd														
P-NO.= 26	JJTL= 26	G(2)V	63.122087	is changed to	63.322087	G(2)V														
P-NO.= 27	JJTL= 27	G(3)Nd	1.804000	is changed to	1.804500	G(3)Nd														
P-NO.= 28	JJTL= 28	G(3)V	46.581692	is changed to	46.781692	G(3)V														
P-NO.= 29	JJTL= 29	G(4)Nd	1.647690	is changed to	1.648190	G(4)Nd														
P-NO.= 30	JJTL= 30	G(4)V	33.804280	is changed to	34.004280	G(4)V														
P-NO.= 31	JJTL= 31	G(5)Nd	1.804000	is changed to	1.804500	G(5)Nd														
P-NO.= 32	JJTL= 32	G(5)V	46.581692	is changed to	46.781692	G(5)V														
BALSAM INDEX= 1.52000 1.53307 1.51689 1.52728 1.52248																				
			(25- 25)	(26- 26)	(27- 27)	(28- 28)	(29- 29)	(30- 30)	(31- 31)	(32- 32)										
			0.000500	0.200000	0.000500	0.200000	0.000500	0.200000	0.000500	0.200000										
			N- 3	V- 3	N- 4	V- 4	N- 7	V- 7	N- 8	V- 8										
		Original	G(2)Nd	G(2)V	G(3)Nd	G(3)V	G(4)Nd	G(4)V	G(5)Nd	G(5)V										
(1)	50.001076	(1DEFL)	-0.057811	0.000000	0.052712	0.000000	0.074878	0.000000	-0.068430	0.000000										
(2)	39.692103	(1DFB)	-0.071290	0.000000	0.060585	0.000000	0.065098	0.000000	-0.057739	0.000000										
(3)	-0.023471	(1DSA0)	-0.010364	0.000000	0.010832	0.000000	0.015976	0.000000	-0.016426	0.000000										
posi.	# used defocus value																			
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000										
posi.	# increment of defocus																			
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000										
P-NO.= 33	JJTL= 33	G(6)Nd	1.804000	is changed to	1.804500	G(6)Nd														
P-NO.= 34	JJTL= 34	G(6)V	46.581692	is changed to	46.781692	G(6)V														
P-NO.= 35	JJTL= 35	INDTL(1)Y	1-th surface tilted in Y-direction by		2.000000 min.															
P-NO.= 36	JJTL= 36	INDTL(1)Z	1-th surface tilted in Z-direction by		2.000000 min.															
P-NO.= 37	JJTL= 37	INDTL(2)Y	2-th surface tilted in Y-direction by		2.000000 min.															
P-NO.= 38	JJTL= 38	INDTL(2)Z	2-th surface tilted in Z-direction by		2.000000 min.															
P-NO.= 39	JJTL= 39	INDTL(3)Y	3-th surface tilted in Y-direction by		2.000000 min.															
P-NO.= 40	JJTL= 40	INDTL(3)Z	3-th surface tilted in Z-direction by		2.000000 min.															
BALSAM INDEX= 1.52000 1.53307 1.51689 1.52728 1.52248																				
			(33- 33)	(34- 34)	(35- 35)	(36- 36)	(37- 37)	(38- 38)	(39- 39)	(40- 40)										
			0.000500	0.200000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000										
			N-10	V-10	INDTL- 1		INDTL- 2		INDTL- 3											
		Original	G(6)Nd	G(6)V	INDTL(1)Y	INDTL(1)Z	INDTL(2)Y	INDTL(2)Z	INDTL(3)Y	INDTL(3)Z										
(1)	50.001076	(1DEFL)	-0.022783	0.000000	0.000002	0.000005	0.000019	0.000012	-0.000003	-0.000001										
(2)	39.692103	(1DFB)	-0.017993	0.000000	-0.000005	-0.000003	-0.000008	0.000006	-0.000004	-0.000005										
(3)	-0.023471	(1DSA0)	-0.002527	0.000000	0.007476	0.000002	-0.004664	0.000009	0.008229	-0.000001										
posi.	# used defocus value																			
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000										
posi.	# increment of defocus																			

(1)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
P-NO.= 41	JJTL= 41	INDTL(4)Y	4-th surface tilted in Y-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 42	JJTL= 42	INDTL(4)Z	4-th surface tilted in Z-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 43	JJTL= 43	INDTL(5)Y	5-th surface tilted in Y-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 44	JJTL= 44	INDTL(5)Z	5-th surface tilted in Z-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 45	JJTL= 45	INDTL(7)Y	7-th surface tilted in Y-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 46	JJTL= 46	INDTL(7)Z	7-th surface tilted in Z-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 47	JJTL= 47	INDTL(8)Y	8-th surface tilted in Y-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 48	JJTL= 48	INDTL(8)Z	8-th surface tilted in Z-direction by			2.000000 min.				
BALSAM INDEX= 1.52000 1.53307 1.51689 1.52728 1.52248										
			(41- 41)	(42- 42)	(43- 43)	(44- 44)	(45- 45)	(46- 46)	(47- 47)	(48- 48)
			2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000
			INDTL- 4		INDTL- 5		INDTL- 7		INDTL- 8	
	Original		INDTL(4)Y	INDTL(4)Z	INDTL(5)Y	INDTL(5)Z	INDTL(7)Y	INDTL(7)Z	INDTL(8)Y	INDTL(8)Z
(1)	50.001076 (1DEFL)		0.000007	0.000001	0.000060	0.000025	0.000004	0.000006	-0.000008	-0.000001
(2)	39.692103 (1DFB)		0.000010	0.000001	0.000045	0.000023	0.000004	0.000002	-0.000006	-0.000001
(3)	-0.023471 (1DSA0)		0.012359	-0.000005	-0.021995	-0.000006	0.017308	-0.000001	0.010290	0.000002
posi.	# used defocus value									
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
posi.	# increment of defocus									
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
P-NO.= 49	JJTL= 49	INDTL(9)Y	9-th surface tilted in Y-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 50	JJTL= 50	INDTL(9)Z	9-th surface tilted in Z-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 51	JJTL= 51	INDTL(10)Y	10-th surface tilted in Y-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 52	JJTL= 52	INDTL(10)Z	10-th surface tilted in Z-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 53	JJTL= 53	INDTL(11)Y	11-th surface tilted in Y-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 54	JJTL= 54	INDTL(11)Z	11-th surface tilted in Z-direction by			2.000000 min.				
P-NO.= 55	JJTL= 55	TL(1- 2D)Y	from 1 to 1-th surf. are dec. in Y-dir. (with 2-th contact shift						0.0150 mm)	
P-NO.= 56	JJTL= 56	TL(1- 2D)Z	from 1 to 1-th surf. are dec. in Z-dir. (with 2-th contact shift						0.0150 mm)	
BALSAM INDEX= 1.52000 1.53307 1.51689 1.52728 1.52248										
			(49- 49)	(50- 50)	(51- 51)	(52- 52)	(53- 53)	(54- 54)	(55- 55)	(56- 56)
			2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	0.015000	0.015000
			INDTL- 9		INDTL-10		INDTL-11		KDTL- 1	
	Original		INDTL(9)Y	INDTL(9)Z	INDTL(10)Y	INDTL(10)Z	INDTL(11)Y	INDTL(11)Z	TL(1- 2D)Y	TL(1- 2D)Z
(1)	50.001076 (1DEFL)		-0.000044	-0.000020	-0.000005	0.000003	-0.000038	-0.000006	0.000001	0.000004
(2)	39.692103 (1DFB)		-0.000059	-0.000025	-0.000010	-0.000006	-0.000054	-0.000014	0.000000	0.000002
(3)	-0.023471 (1DSA0)		-0.027619	0.000010	0.009834	0.000002	-0.022677	0.000017	0.007107	0.000002
posi.	# used defocus value									
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
posi.	# increment of defocus									
(1)	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
P-NO.= 57	JJTL= 57	TL(3- 5D)Y	from 3 to 4-th surf. are dec. in Y-dir. (with 5-th contact shift						0.0150 mm)	
P-NO.= 58	JJTL= 58	TL(3- 5D)Z	from 3 to 4-th surf. are dec. in Z-dir. (with 5-th contact shift						0.0150 mm)	
P-NO.= 59	JJTL= 59	TL(7D- 9)Y	from 8 to 9-th surf. are dec. in Y-dir. (with 7-th contact shift						0.0150 mm)	
P-NO.= 60	JJTL= 60	TL(7D- 9)Z	from 8 to 9-th surf. are dec. in Z-dir. (with 7-th contact shift						0.0150 mm)	
P-NO.= 61	JJTL= 61	TL(10D-11)Y	from 11 to 11-th surf. are dec. in Y-dir. (with 10-th contact shift						0.0150 mm)	
P-NO.= 62	JJTL= 62	TL(10D-11)Z	from 11 to 11-th surf. are dec. in Z-dir. (with 10-th contact shift						0.0150 mm)	
P-NO.= 63	JJTL= 63	GTL(1- 2)Y	from 1 to 2-th surface are tilted in Y-direction by						2.000000 min.	
P-NO.= 64	JJTL= 64	GTL(1- 2)Z	from 1 to 2-th surface are tilted in Z-direction by						2.000000 min.	
BALSAM INDEX= 1.52000 1.53307 1.51689 1.52728 1.52248										
			(57- 57)	(58- 58)	(59- 59)	(60- 60)	(61- 61)	(62- 62)	(63- 63)	(64- 64)
			0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	2.000000	2.000000
			KDTL- 2		KDTL- 3		KDTL- 4		KGTL- 1	

Original	TL(3- 5D)Y	TL(3- 5D)Z	TL(7D- 9)Y	TL(7D- 9)Z	TL(10D-11)Y	TL(10D-11)Z	GTL(1- 2)Y	GTL(1- 2)Z
(1) 50.001076 (1DEFL)	0.000086	0.000139	-0.000449	-0.000138	-0.000017	-0.000003	-0.000011	-0.000002
(2) 39.692103 (1DFB)	0.000124	0.000095	-0.000713	-0.000266	-0.000026	-0.000009	-0.000016	-0.000003
(3) -0.023471 (1DSA0)	0.065238	0.000001	0.090150	0.000173	0.014847	0.000007	0.002539	0.000006
posi. # used defocus value								
(1) 0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
posi. # increment of defocus								
(1) 0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
P-NO.= 65 JJTLD= 65	GTL(3- 5)Y from 3 to 5-th surface are tilted in Y-direction by						2.000000 min.	
P-NO.= 66 JJTLD= 66	GTL(3- 5)Z from 3 to 5-th surface are tilted in Z-direction by						2.000000 min.	
P-NO.= 67 JJTLD= 67	GTL(7- 9)Y from 7 to 9-th surface are tilted in Y-direction by						2.000000 min.	
P-NO.= 68 JJTLD= 68	GTL(7- 9)Z from 7 to 9-th surface are tilted in Z-direction by						2.000000 min.	
P-NO.= 69 JJTLD= 69	GTL(10-11)Y from 10 to 11-th surface are tilted in Y-direction by						2.000000 min.	
P-NO.= 70 JJTLD= 70	GTL(10-11)Z from 10 to 11-th surface are tilted in Z-direction by						2.000000 min.	
P-NO.= 71 JJTLD= 71	GSH(1- 2)Y from 1 to 2-th surface are shifted in Y-direction by						0.015000 mm	
P-NO.= 72 JJTLD= 72	GSH(1- 2)Z from 1 to 2-th surface are shifted in Z-direction by						0.015000 mm	
BALSAM INDEX= 1.52000 1.53307 1.51689 1.52728 1.52248								
	(65- 65)	(66- 66)	(67- 67)	(68- 68)	(69- 69)	(70- 70)	(71- 71)	(72- 72)
	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	0.015000	0.015000
	KGTL- 2		KGTL- 3		KGTL- 4		KGSH- 1	
Original	GTL(3- 5)Y	GTL(3- 5)Z	GTL(7- 9)Y	GTL(7- 9)Z	GTL(10-11)Y	GTL(10-11)Z	GSH(1- 2)Y	GSH(1- 2)Z
(1) 50.001076 (1DEFL)	0.000028	0.000008	0.000001	0.000002	-0.000016	-0.000003	-0.000004	-0.000001
(2) 39.692103 (1DFB)	0.000023	0.000007	0.000004	0.000002	-0.000012	-0.000003	-0.000001	0.000000
(3) -0.023471 (1DSA0)	-0.009745	-0.000006	0.004898	-0.000001	-0.012296	0.000004	0.004188	0.000001
posi. # used defocus value								
(1) 0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
posi. # increment of defocus								
(1) 0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
P-NO.= 73 JJTLD= 73	GSH(3- 5)Y from 3 to 5-th surface are shifted in Y-direction by						0.015000 mm	
P-NO.= 74 JJTLD= 74	GSH(3- 5)Z from 3 to 5-th surface are shifted in Z-direction by						0.015000 mm	
P-NO.= 75 JJTLD= 75	GSH(7- 9)Y from 7 to 9-th surface are shifted in Y-direction by						0.015000 mm	
P-NO.= 76 JJTLD= 76	GSH(7- 9)Z from 7 to 9-th surface are shifted in Z-direction by						0.015000 mm	
P-NO.= 77 JJTLD= 77	GSH(10-11)Y from 10 to 11-th surface are shifted in Y-direction by						0.015000 mm	
P-NO.= 78 JJTLD= 78	GSH(10-11)Z from 10 to 11-th surface are shifted in Z-direction by						0.015000 mm	
BALSAM INDEX= 1.52000 1.53307 1.51689 1.52728 1.52248								
	(73- 73)	(74- 74)	(75- 75)	(76- 76)	(77- 77)	(78- 78)		
	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000		
	KGSH- 2		KGSH- 3		KGSH- 4			
Original	GSH(3- 5)Y	GSH(3- 5)Z	GSH(7- 9)Y	GSH(7- 9)Z	GSH(10-11)Y	GSH(10-11)Z		
(1) 50.001076 (1DEFL)	0.000054	0.000019	-0.000022	-0.000007	-0.000015	-0.000003		
(2) 39.692103 (1DFB)	0.000040	0.000014	-0.000010	-0.000003	-0.000023	-0.000008		
(3) -0.023471 (1DSA0)	-0.030985	-0.000007	0.012603	-0.000003	0.013769	0.000006		
posi. # used defocus value								
(1) 0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		
posi. # increment of defocus								
(1) 0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		

ここで **DPL** を選べば、描画条件として

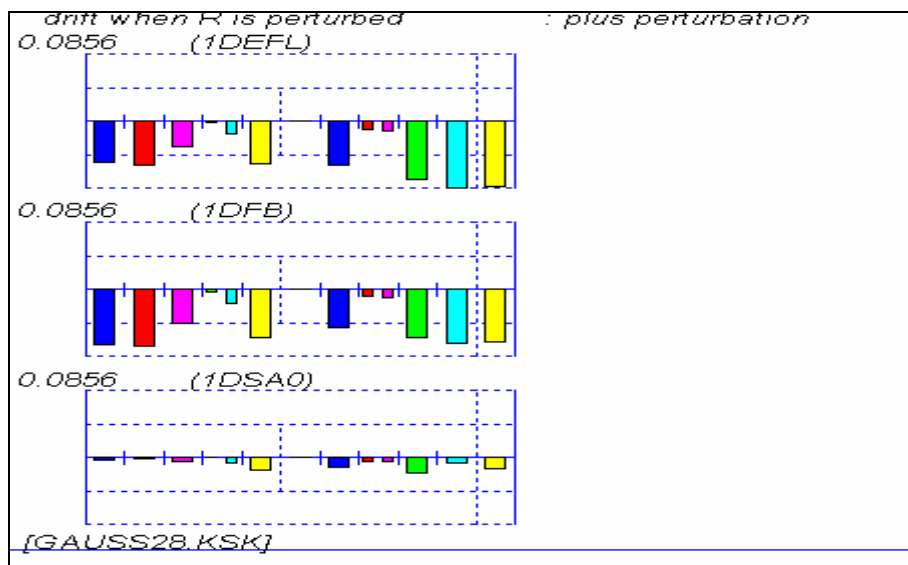
```

c
c name of this file = TLDDPL.CHG
c
c
c KDPLMD : 2= one aberrtion, all perturbation
c          total page = number of selected aberration
c          : 3= one perturbation, all aberrtion
c          total page = number of selected perturbation
c
c KUSERU : flag to use user specified unit
c
c KDPL_Z : flag to display Z-direction decentering graph
c
c KDPL_PM : flag to select plus minus display
c           0=display both plus and minus perturbation
c           1=plus only, 2=minus only
c KDPLMD KUSERU KDPL_Z KDPL_PM
c       3      0      0      0
c
c displayed perturbation selection (1 --> execute)
c R=curvature, D=thickness, N=index, V=abbe number
c IT=independent tilt, DT=do-o-tsuki tilt, GT=group tilt
c GH=group shift
c *
c R  D  N  V  IT  DT  GT  GS
c 1  1  1  0  0  0  0  0
c
c UNIT : drawn aberration unit
c KSLT : if 1 this aberration is drawn
c
c          UNIT  KSLT
c (1DEFL)   1.0    1
c (1DFB)    1.0    1
c (1DSA0)   1.0    1

```

が与えられ、graphic として<資料:6-1-C>その他が与えられる。

<資料:6-1-C>



parameter の変化量 ΔX_j を変更したい時は **CHGPBD** を選べば screen editor によって変更

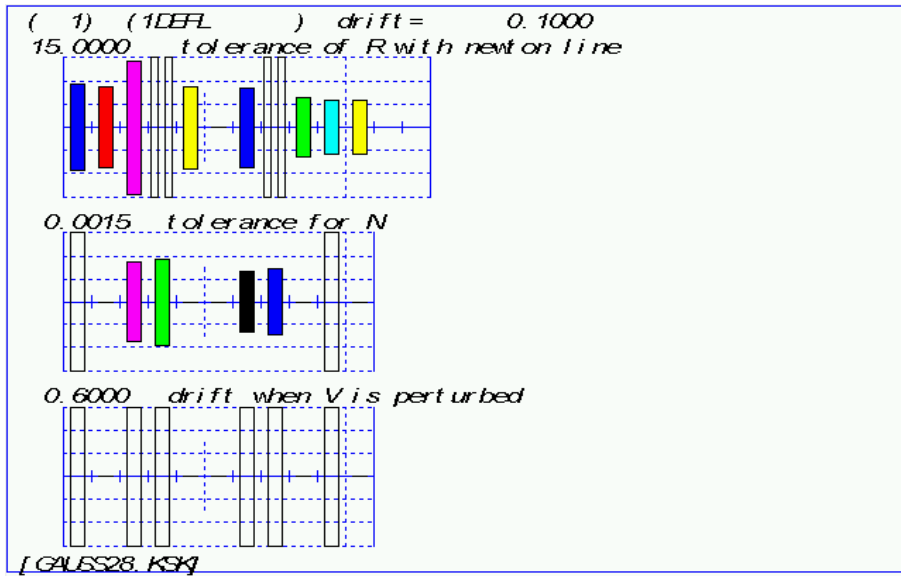
可能である。

次に逆感度を計算するために **DLS** **EDTDCT** と進み F と FB の収差の所で DRIFT=0.1 を追加し、 **TLDS** **R_CPT** とすれば<資料:6-1-D>が得られる。(1)式で求めるべき ΔX_j の範囲は最初の screen 入力の MAXPDR(maximum parameter drift)で指定し、MAXPDR=3 の場合はそれぞれの parameter の標準誤差(GOSAR ~ GOSASH)の3倍までの範囲で ΔX_j を探すようになって居り、この範囲内には星印(*)で与えられ、もし ray miss が発生すればそのような message が出力される。 **R_DPL** を選べば<資料:6-1-E>の描画が与えられる。さらに **R_TLAPR2** を選べば<資料:6-1-D>が別形式で出力される。

<資料:6-1-D>

output explanation		When tolerance is bigger than 3-time of following standard value "*" is given										
		GOSAR	GOSAD	GOSAN	GOSAV	GOSATL	GOSASH					
		5.00000	0.05000	0.00050	0.20000	2.00000	0.01500					
		When ray miss happened during computation "ray miss" is given										
		drift	G(1)F		G(1)B		G(2)F		G(2)B		G(3)F	
(1)	(1DEFL)	0.1000	-9.37590	9.41396	-8.87665	8.91292	-14.57864	14.63730	*	*	*	*
(2)	(1DFB)	0.1000	-7.05830	7.07996	-6.89556	6.91752	-11.35556	11.39140	*	*	*	*
		drift	G(3)B		G(4)F		G(4)B		G(5)F		G(5)B	
(1)	(1DEFL)	0.1000	-8.95840	8.99498	-8.73979	8.77553	*	*	*	*	-6.54825	6.57539
(2)	(1DFB)	0.1000	-8.12372	8.15376	-9.97223	10.01788	*	*	*	*	-8.00997	8.04991
		drift	G(6)F		G(6)B		D(1)		D(2)		D(3)	
(1)	(1DEFL)	0.1000	-5.81793	5.84220	-5.84280	5.86718	*	*	*	*	-0.07746	0.07778
(2)	(1DFB)	0.1000	-7.13490	7.17051	-7.35699	7.39436	-0.14968	0.14958	*	*	-0.02718	0.02723
		drift	D(4)		D(5)		D(6)		D(7)		D(8)	
(1)	(1DEFL)	0.1000	-0.09700	0.09740	*	*	*	*	-0.03770	0.03787	-0.05000	0.05020
(2)	(1DFB)	0.1000	-0.03285	0.03290	*	*	*	*	-0.07828	0.07894	-0.10986	0.11084
		drift	D(9)		D(10)		G(1)Nd		G(1)V		G(2)Nd	
(1)	(1DEFL)	0.1000	*	*	*	*	*	*	*	*	-0.00086	0.00087
(2)	(1DFB)	0.1000	*	*	*	*	*	*	*	*	-0.00070	0.00070
		drift	G(2)V		G(3)Nd		G(3)V		G(4)Nd		G(4)V	
(1)	(1DEFL)	0.1000	*	*	-0.00095	0.00095	*	*	-0.00067	0.00067	*	*
(2)	(1DFB)	0.1000	*	*	-0.00083	0.00082	*	*	-0.00077	0.00077	*	*
		drift	G(5)Nd		G(5)V		G(6)Nd		G(6)V		INDTL(1)Y	
(1)	(1DEFL)	0.1000	-0.00073	0.00073	*	*	*	*	*	*	*	*
(2)	(1DFB)	0.1000	-0.00086	0.00087	*	*	*	*	*	*	*	*

<資料:6-1-E>



§ 6-2 TLDLS , QLDLS 用特殊 option

§ 6-2-1 接合面の取扱い(KBALS)

通常の計算において貼合わせ面の R は一つの数値であるが、実際の製造では接着剤 (balsam) によって貼合わされ、二つのレンズの R は製造誤差分だけ異なっている。これを現実の通り simulate するには面数を増やせば良いが、これは面倒である。このため面数を増やしたのと同じ状態を既述の如く `LCARD` `MINUTE` `KBALS` と進み屈折率を指定すれば面数はそのまま計算出来る。

§ 6-2-2 軸上厚および間隔の従属関係(KJUJK)

間隔相互に従属関係がある時は、`MINUTE` `KJUJK` と進み $KJUJK=1$ とした後で control 行を附加する。control 行は 4012 の形式で $K_1 \sim K_n$ を読み込むが、最初の data(1, 2-column) が従属となる間隔番号 K_1 (00 は物体距離に対応) であり、残り $K_2 \sim K_n$ が独立間隔である。この指定によって、指定された間隔の総和が一定の条件で独立間隔が変化した時、従属間隔が決定されることになる。

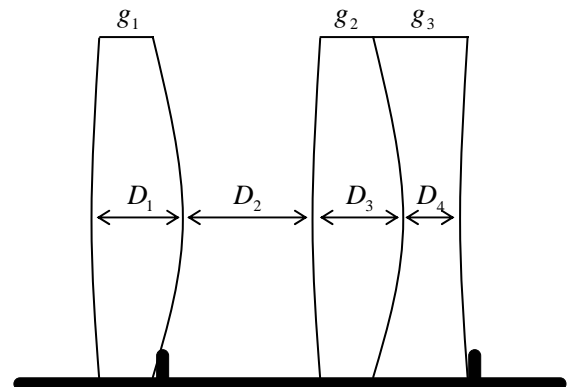


図 6-1

具体的な例題として図 6-1 を考える。従来のように g_2 , g_3 の貼合わせの matching のみならば、例えば $K_1 = 04$, $K_2 = 03$ とすれば、

g_2 を独立変数、 g_3 を従属変数として計算されるが、金物が図のようであれば D_4 は更に D_2 に影響する。この時は更に $K_1=02$, $K_2=03$, $K_3=04$ として第 2-control line を追加すれば、計算機はまず D_3 を独立変数とし、 $D_3 + D_4$ が一定となる(QLDLS はこの和にも誤差を発生させ、その代表値が GSDCPL である)ように D_2 を決定する。もしも D_2 が zoom 可動間隔の時は、 D_2 の誤差はすべての position に対し同じ値が追加されることになる。

§ 6-3 製造誤差の影響の simulation(QLDLS)

この program は今井・池田の論文[Ref. 6]の内容を実行するものである。論文の内容は製造誤差を乱数で置換し、性能をシュミレートするものである。

§ 6-3-1 基本的取扱い

乱数の type は 4 種が用意され、KTYPE([DCT-1:43, 44]または各パラメータ指示行の第 41-column)で指示し

- KTYPE=0 : 一様分布
- KTYPE=1 : Gauss 分布
- KTYPE=2 : 2 つの Gauss 分布の重ね合わせ
- KTYPE=3 : Gauss 分布と一様分布の積

となっている。その出力は<資料:6-1-A>の最初の部分の通りであり、その代表値は DCTCHG-Tab-10 の KTYPE で与える。Gauss 分布に対しては入力する LOWER1 , UPPER1 を a , b とし、発生する Gauss 分布の標準偏差を σ とすれば

$$2\sigma = (b - a) / 2$$

にとられている。すなわち、製造された部品の 95.44%が (a, b) に入っていることになる。KTYPE=02 の時は LOWER2 , UPPER2 が第 2 Gauss 分布の対応した値となり、KTYPE=03 の時は一様分布の上下限で制限される。21 ~ 40-column が空白の時は

$$\begin{aligned} \text{LOWER2} &= \text{LOWER1} * \text{SIGCF} \\ \text{UPPER2} &= \text{UPPER1} * \text{SIGCF} \end{aligned}$$

となる。

入力変数については前節とほぼ同じであるが、二つだけ追加指定(GOSAR2 , GSDCPL)がある。

まず NEWTMS = 1 の場合は、Newton(変数番号:1 ~ 12)は[DCT-9]の GOSAR と[DCT-10]の

GOSAR2 によって、<資料:6-3-1-A>のようにマイナス側に偏って取られる。次に組み合わせ間隔の誤差(変数番号:22)は[DCT-9]の GSDCPL が用いられている。

<資料:6-1-A>と同じ data で KBALS と KJUJK はそのまま KEND=5 , KTYPE=0 とし、かつ R , D , N を全可変にとって QLDLS-option を実行した結果が<資料:6-3-1-A>~<資料:6-3-1-C>である。KBALS が用いられた結果として R ぞれのレンズに付随した別々のパラメータ(No.4 , 5)として取扱われ、一回目の simulation では g_2 の R_4 が 84.0695 で、 g_3 の R_4 が 84.1744 の値となっている。従属間隔は和自体の誤差(No.22)が 0.003326 であり、 g_2 の厚みが -0.011403 の誤差を発生したため

$$\begin{aligned}\Delta D_4 &= 0.003326 - (-0.011403) \\ &= 0.0014729\end{aligned}$$

となっている。

<資料:6-3-1-A>は各 parameter の分布状況を示しており、<資料:6-3-1-B>は 5 回の simulation(これは KEND[DCT-1:1 , 2]で与える)において実際に使用された parameter の生の値 X_j が出力され、<資料:6-3-1-B>ではその微小変化量 ΔX_j が示されている。<資料:6-3-1-C>は以上の影響下で性能がどのようになるかを示したものであるが、Newton のマイナスの影響が経験則の通り、焦点距離の増大となって表れている。

<資料:6-3-1-A>

	LOWER1	UPPER1	LOWER2	UPPER2	KTYPE
G(1)F	-5.0000	-2.0000	0.0000	0.0000	0
G(1)B	-5.0000	-2.0000	0.0000	0.0000	0
G(2)F	-5.0000	-2.0000	0.0000	0.0000	0
G(2)B	-5.0000	-2.0000	0.0000	0.0000	0
G(3)F	-5.0000	-2.0000	0.0000	0.0000	0
G(3)B	-5.0000	-2.0000	0.0000	0.0000	0
D(1)	-0.0500	0.0500	0.0000	0.0000	0
D(2)	-0.0500	0.0500	0.0000	0.0000	0
D(3)	-0.0500	0.0500	0.0000	0.0000	0
D(4)	-0.0500	0.0500	0.0000	0.0000	0
couple- 1	-0.0250	0.0250	0.0000	0.0000	0
couple- 2	-0.0250	0.0250	0.0000	0.0000	0
G(1)Nd	-0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0
G(1)V	-0.2000	0.2000	0.0000	0.0000	0
G(2)Nd	-0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0
G(2)V	-0.2000	0.2000	0.0000	0.0000	0
G(3)Nd	-0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0
INDTL(1)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0
INDTL(2)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0
INDTL(3)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0
INDTL(4)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0
INDTL(5)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0
TL(1, 2D)@	-0.0150	0.0150	0.0000	0.0000	0
TL(3, 5D)@	-0.0150	0.0150	0.0000	0.0000	0
TL(7D, 9)@	-0.0150	0.0150	0.0000	0.0000	0
TL(10D,11)@	-0.0150	0.0150	0.0000	0.0000	0
GTL(1, 2)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0

GTL(3, 5)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0
GTL(7, 9)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0
GTL(10,11)@	-2.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0
GSH(1, 2)@	-0.0150	0.0150	0.0000	0.0000	0
GSH(3, 5)@	-0.0150	0.0150	0.0000	0.0000	0
GSH(7, 9)@	-0.0150	0.0150	0.0000	0.0000	0
GSH(10,11)@	-0.0150	0.0150	0.0000	0.0000	0

<資料:6-3-1-B>

start numeric for random number = 71

used parameter value itself

	original		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	36.6122	G(1)F	36.6594	36.6431	36.6523	36.6408	36.6593
(2)	111.9949	G(1)B	111.5286	111.5351	111.5956	111.7537	111.6157
(3)	16.7351	G(2)F	16.7441	16.7431	16.7439	16.7411	16.7442
(4)	-170.3873	G(2)B	-171.1502	-171.2181	-171.1834	-171.3637	-171.1711
(5)	-170.3873	G(3)F	-170.3918	-170.1625	-170.3799	-170.2452	-170.1201
(6)	13.5766	G(3)B	13.5715	13.5704	13.5676	13.5679	13.5709
(7)	-15.2074	G(4)F	-15.1949	-15.1982	-15.1986	-15.1985	-15.2008
(8)	34.5708	G(4)B	34.5089	34.5185	34.5256	34.5306	34.5149
(9)	34.5708	G(5)F	34.5477	34.5685	34.5817	34.5626	34.5462
(10)	-20.7474	G(5)B	-20.7594	-20.7678	-20.7646	-20.7561	-20.7565
(11)	-800.7604	G(6)F	-782.0865	-775.9950	-781.3770	-780.9288	-781.3809
(12)	-41.4318	G(6)B	-41.4973	-41.4634	-41.4785	-41.4861	-41.4675
(13)	2.1118	D(1)	2.0697	2.1560	2.0744	2.1050	2.0880
(14)	0.1000	D(2)	0.0770	0.0860	0.0599	0.1017	0.0860
(15)	3.9558	D(3)	3.9083	3.9509	3.9497	3.9844	3.9379
(16)	3.8772	D(4)	3.9240	3.8874	3.9025	3.8391	3.9042
(17)	3.3777	D(5)	3.3679	3.3847	3.3688	3.3499	3.3415
(18)	3.1037	D(6)	3.1058	3.1378	3.1345	3.1089	3.0834
(19)	0.7182	D(7)	0.7200	0.6692	0.7209	0.6887	0.7541
(20)	3.5923	D(8)	3.5535	3.5676	3.6411	3.5997	3.5877
(21)	0.1000	D(9)	0.1183	0.1224	0.1467	0.0558	0.1039
(22)	1.8789	D(10)	1.9092	1.9168	1.8916	1.8326	1.8846
(23)	7.8330	couple- 1	7.8323	7.8383	7.8522	7.8235	7.8422
(24)	7.9330	couple- 2	7.9092	7.9243	7.9121	7.9252	7.9282
(25)	1.8040	G(1)Nd	1.8036	1.8037	1.8037	1.8038	1.8036
(26)	46.5817	G(1)V	46.4325	46.5974	46.4128	46.7452	46.5575
(27)	1.5687	G(2)Nd	1.5683	1.5690	1.5688	1.5690	1.5684
(28)	63.1221	G(2)V	63.3224	63.0728	62.9795	63.0147	62.9271
(29)	1.8040	G(3)Nd	1.8037	1.8041	1.8038	1.8043	1.8043
(30)	46.5817	G(3)V	46.3985	46.5930	46.6294	46.6233	46.5241
(31)	1.6477	G(4)Nd	1.6473	1.6482	1.6477	1.6482	1.6481
(32)	33.8043	G(4)V	33.7645	33.8637	33.7571	33.9561	33.8074
(33)	1.8040	G(5)Nd	1.8044	1.8042	1.8038	1.8037	1.8040
(34)	46.5817	G(5)V	46.7809	46.4801	46.7427	46.5270	46.6004
(35)	1.8040	G(6)Nd	1.8037	1.8043	1.8037	1.8039	1.8040
(36)	46.5817	G(6)V	46.4467	46.7817	46.5754	46.7265	46.7034
(37)	0.0000	INDTL(1)@	-0.9023	-1.3272	-0.6949	-1.8853	-0.3571
(38)	0.0000	INDTL(2)@	0.8334	-1.1860	-0.6977	1.1543	-1.0230
(39)	0.0000	INDTL(3)@	1.2567	1.7890	0.7838	1.6873	0.2862
(40)	0.0000	INDTL(4)@	1.7697	0.3307	0.6416	0.8487	1.2553
(41)	0.0000	INDTL(5)@	-1.0280	1.2795	0.8095	-1.0616	0.5473
(42)	0.0000	INDTL(7)@	-0.1856	-1.7224	-0.2699	1.6627	0.0511
(43)	0.0000	INDTL(8)@	1.1219	-0.4601	1.3546	-1.2375	1.9551
(44)	0.0000	INDTL(9)@	0.6146	-1.6080	1.7843	-0.5244	1.6303
(45)	0.0000	INDTL(10)@	0.5124	-1.6142	0.0443	0.5902	1.6758
(46)	0.0000	INDTL(11)@	0.6655	0.7906	-0.1589	-1.4315	-1.4186
(47)	0.0000	TL(1, 2D)@	-0.0126	-0.0093	0.0088	0.0079	0.0052
(48)	0.0000	TL(3, 5D)@	0.0067	0.0134	-0.0115	-0.0021	0.0104
(49)	0.0000	TL(7D, 9)@	-0.0102	-0.0051	-0.0015	-0.0033	0.0045
(50)	0.0000	TL(10D,11)@	-0.0084	0.0009	-0.0012	-0.0030	0.0147
(51)	0.0000	GTL(1, 2)@	-0.4361	-0.7510	-1.5568	1.7446	-1.1653
(52)	0.0000	GTL(3, 5)@	-0.0557	0.8787	0.3934	0.3583	0.3565
(53)	0.0000	GTL(7, 9)@	1.8966	1.9721	1.6767	-1.8890	0.5320

(54)	0.0000	GTL(10,11)@	1.0298	0.9467	-0.6488	1.8150	-1.6971
(55)	0.0000	GSH(1, 2)@	0.0131	-0.0068	0.0057	-0.0025	-0.0127
(56)	0.0000	GSH(3, 5)@	-0.0135	-0.0049	0.0071	0.0039	-0.0047
(57)	0.0000	GSH(7, 9)@	0.0011	0.0145	-0.0106	-0.0040	0.0013
(58)	0.0000	GSH(10,11)@	-0.0012	-0.0007	-0.0087	-0.0100	0.0129

increment of parameter, where R-increment is represented by Newton line value

	original		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	36.612	G(1)F	-4.999911	-3.277926	-4.248282	-3.031749	-4.988875
(2)	111.995	G(1)B	-4.919838	-4.855811	-4.205593	-2.542036	-3.998881
(3)	16.735	G(2)F	-4.934266	-4.373953	-4.827637	-3.290031	-4.994420
(4)	-170.387	G(2)B	-2.905326	-3.183593	-3.045689	-3.737803	-2.983322
(5)	-170.387	G(3)F	-2.888254	-4.050200	-3.074002	-4.285177	-4.006498
(6)	13.577	G(3)B	-2.540314	-3.129596	-4.527649	-4.374200	-2.841516
(7)	-15.207	G(4)F	-4.742726	-3.507246	-3.356452	-3.406094	-2.523096
(8)	34.571	G(4)B	-4.710736	-4.014277	-3.450810	-3.078366	-4.262949
(9)	34.571	G(5)F	-2.952023	-3.835275	-4.278228	-2.450610	-2.390651
(10)	-20.747	G(5)B	-2.868449	-4.912599	-4.127300	-2.098491	-2.195104
(11)	-800.760	G(6)F	-2.735882	-4.426322	-3.443105	-3.543827	-3.398795
(12)	-41.432	G(6)B	-3.558135	-2.263819	-3.351082	-3.900672	-2.516368
(13)	2.112	D(1)	-0.042122	0.044241	-0.037409	-0.006802	-0.023835
(14)	0.100	D(2)	-0.023021	-0.013968	-0.040091	0.001724	-0.013979
(15)	3.956	D(3)	-0.047520	-0.004947	-0.006071	0.028559	-0.017851
(16)	3.877	D(4)	0.046770	0.010221	0.025291	-0.038078	0.027022
(17)	3.378	D(5)	-0.009786	0.007046	-0.008864	-0.027803	-0.036174
(18)	3.104	D(6)	0.002116	0.034095	0.030815	0.005195	-0.020316
(19)	0.718	D(7)	0.001848	-0.048971	0.002724	-0.029469	0.035924
(20)	3.592	D(8)	-0.038801	-0.024669	0.048773	0.007404	-0.004556
(21)	0.100	D(9)	0.018276	0.022400	0.046733	-0.044212	0.003900
(22)	1.879	D(10)	0.030254	0.037943	0.012724	-0.046295	0.005693
(23)	7.833	couple- 1	-0.000749	0.005274	0.019220	-0.009519	0.009172
(24)	7.933	couple- 2	-0.023771	-0.008694	-0.020871	-0.007795	-0.004808
(25)	1.804	G(1)Nd	-0.000400	-0.000324	-0.000254	-0.000152	-0.000444
(26)	46.582	G(1)V	-0.149682	0.015684	-0.169503	0.162983	-0.024193
(27)	1.569	G(2)Nd	-0.000410	0.000249	0.000043	0.000303	-0.000373
(28)	63.122	G(2)V	0.199651	-0.049322	-0.142900	-0.107529	-0.195626
(29)	1.804	G(3)Nd	-0.000285	0.000148	-0.000168	0.000329	0.000331
(30)	46.582	G(3)V	-0.183929	0.011340	0.047632	0.041593	-0.057658
(31)	1.648	G(4)Nd	-0.000381	0.000486	0.000052	0.000481	0.000413
(32)	33.804	G(4)V	-0.039856	0.059275	-0.047232	0.151163	0.003127
(33)	1.804	G(5)Nd	0.000424	0.000221	-0.000153	-0.000260	0.000029
(34)	46.582	G(5)V	0.198319	-0.101779	0.160502	-0.054771	0.018704
(35)	1.804	G(6)Nd	-0.000278	0.000251	-0.000271	-0.000097	0.000038
(36)	46.582	G(6)V	-0.135362	0.199185	-0.006306	0.144395	0.121429
(37)	0.000	INDTL(1)@	-0.902299	-1.327237	-0.694881	-1.885257	-0.357089
(38)	0.000	INDTL(2)@	0.833433	-1.185997	-0.697682	1.154268	-1.023041
(39)	0.000	INDTL(3)@	1.256696	1.789022	0.783806	1.687262	0.286157
(40)	0.000	INDTL(4)@	1.769713	0.330678	0.641612	0.848652	1.255336
(41)	0.000	INDTL(5)@	-1.028015	1.279508	0.809488	-1.061554	0.547332
(42)	0.000	INDTL(7)@	-0.185626	-1.722425	-0.269906	1.662695	0.051118
(43)	0.000	INDTL(8)@	1.121929	-0.460076	1.354599	-1.237513	1.955095
(44)	0.000	INDTL(9)@	0.614586	-1.608025	1.784254	-0.524371	1.630340
(45)	0.000	INDTL(10)@	0.512420	-1.614249	0.044317	0.590176	1.675841
(46)	0.000	INDTL(11)@	0.665534	0.790608	-0.158868	-1.431525	-1.418581
(47)	0.000	TL(1, 2D)@	-0.012640	-0.009329	0.008830	0.007940	0.005217
(48)	0.000	TL(3, 5D)@	0.006730	0.013443	-0.011481	-0.002106	0.010383
(49)	0.000	TL(7D, 9)@	-0.010154	-0.005138	-0.001470	-0.003340	0.004488
(50)	0.000	TL(10D,11)@	-0.008413	0.000895	-0.001214	-0.002955	0.014673
(51)	0.000	GTL(1, 2)@	-0.436102	-0.750969	-1.556848	1.744559	-1.165343
(52)	0.000	GTL(3, 5)@	-0.055732	0.878723	0.393411	0.358299	0.356543
(53)	0.000	GTL(7, 9)@	1.896585	1.972132	1.676698	-1.888971	0.532039
(54)	0.000	GTL(10,11)@	1.029752	0.946714	-0.648758	1.814985	-1.697103
(55)	0.000	GSH(1, 2)@	0.013100	-0.006780	0.005748	-0.002465	-0.012719
(56)	0.000	GSH(3, 5)@	-0.013514	-0.004923	0.007096	0.003866	-0.004704
(57)	0.000	GSH(7, 9)@	0.001133	0.014549	-0.010555	-0.004049	0.001282
(58)	0.000	GSH(10,11)@	-0.001232	-0.000676	-0.008738	-0.009961	0.012944

```

increment of aberration with perturbed parameter

original          ( 1)      ( 2)      ( 3)      ( 4)      ( 5)      (
( 1) 50.001076 (1DEFL) ) 0.393326 0.600792 0.287650 0.479061 0.362255
( 2) 39.692103 (1DFB  ) ) 0.451861 0.455058 0.353337 0.465527 0.465211
( 3) -0.023480 (1DSA0  ) ) 0.060375 0.209235 0.000998 0.128558 0.101039

total sample no.= 5 minimum= aberration + average - (st. dev.), maximum=aberration + average + (st. dev.)

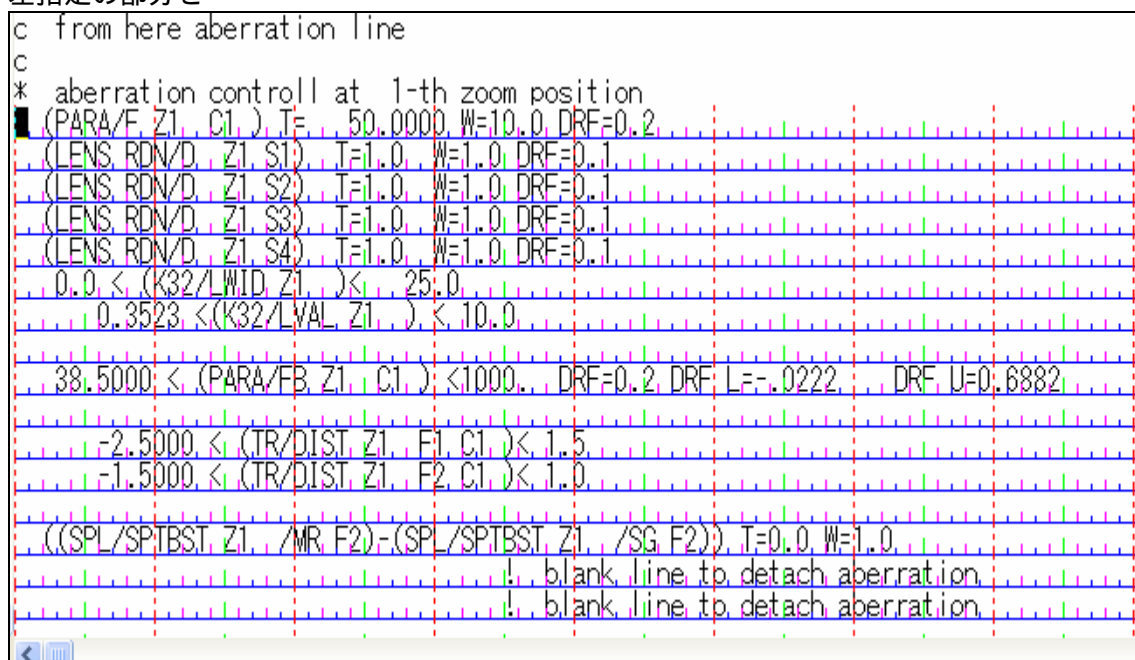
original          average  st.dev.  minimum  maximum
( 1) 50.001076 (1DEFL) ) 0.424617 0.107359 50.318333 50.533052
( 2) 39.692103 (1DFB  ) ) 0.438199 0.042776 40.087526 40.173077
( 3) -0.023480 (1DSA0  ) ) 0.100041 0.069456 0.007106 0.146017

start numeric for random number = 75

used parameter value itself
    
```

§ 6-3-2 Q LDLS に於けるヒストグラムの出力

テストデータとして HISTOGRAM_FIGURE を用いる。これは GAUSS28.KSK に収差指定の部分



と変更したものである。D1、D2、D3、D4 は乱数の様子を知るためのものであり、FB は製造された結果の解析用である。この状態で KQHEIK=1、KEND=10000、製造積算値 0.65、0.9544 を指定し、パラメータの分布を

```

Name of this file=Q.PARABD.CHG

in case QLDLS distribution type is decided by KTYPE as follows
KTYPE=0 --> uniform in (LOWER1,UPPER1)
KTYPE=1 --> gaussian with average=(LOWER1+UPPER1)/2.0,
dispersion*2.0=(UPPER1-LOWER1)/2.0, I.E. 95.44% is inside of
KTYPE=2 --> double peak gaussian, i.e. additionally uses second data
KTYPE=3 --> gaussian multiplied by uniform distribution
SIGCF= 1.0000, is used for second data generation

```

	LOWER1	UPPER1	LOWER2	UPPER2	KTYPE
G(1)F	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(1)B	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(2)F	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(2)B	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(3)B	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(4)F	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(4)B	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(5)B	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(6)F	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
G(6)B	-5.0000	-2.0000	-5.0000	-2.0000	0
D(1)	-0.1000	0.10			0
D(2)	-0.1000	0.10			1
D(3)	-0.10			0.1000	2
D(4)	-0.1000	0.1000	-0.1000	0.1000	3
D(5)	-0.0500	0.0500	-0.0500	0.0500	0
D(6)	-0.0500	0.0500	-0.0500	0.0500	0
D(7)	-0.0500	0.0500	-0.0500	0.0500	0

と指定して EXQSIM を行えば数値出力として

```

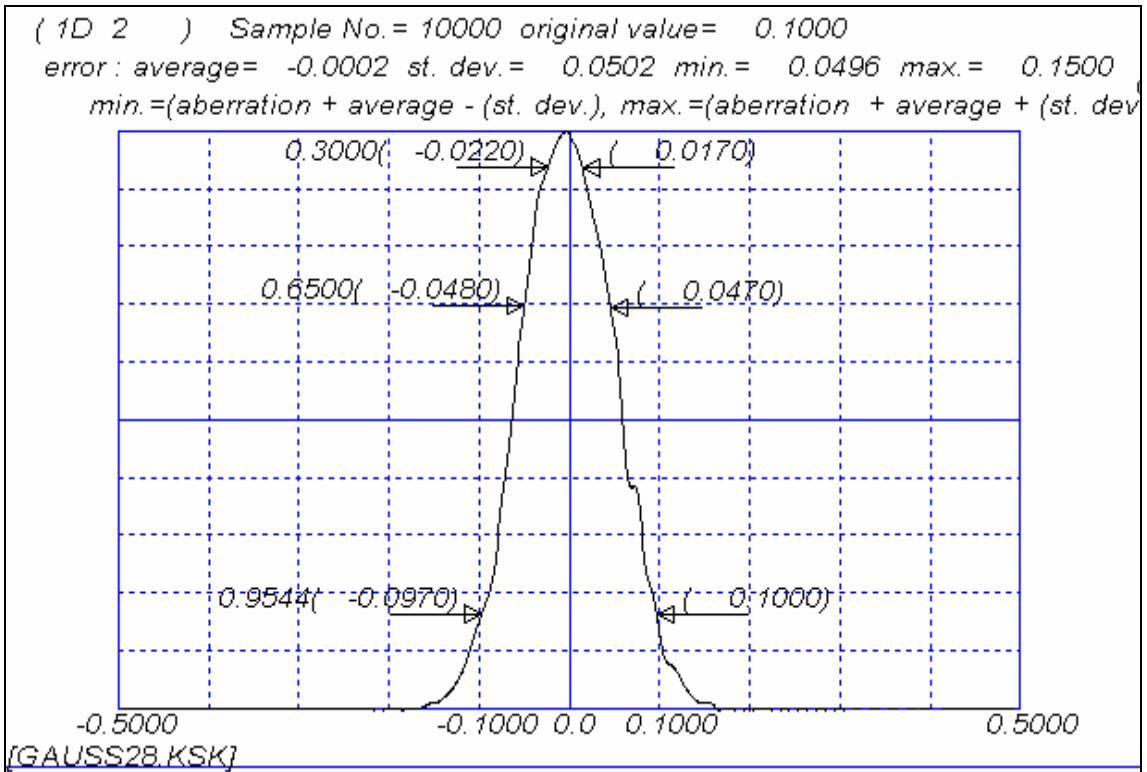
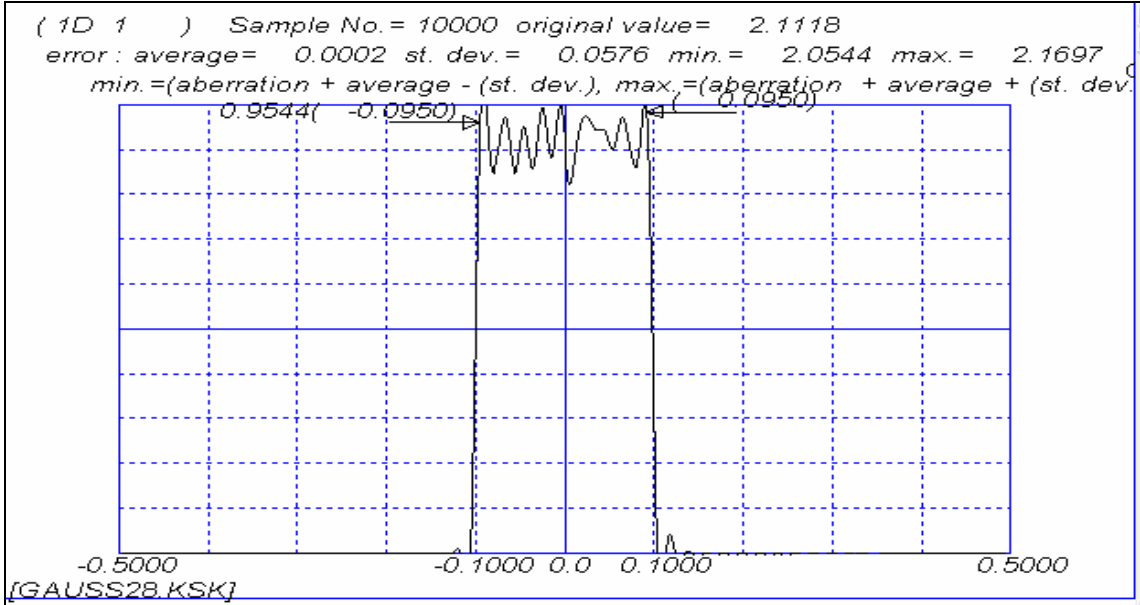
start numeric for random number = 93

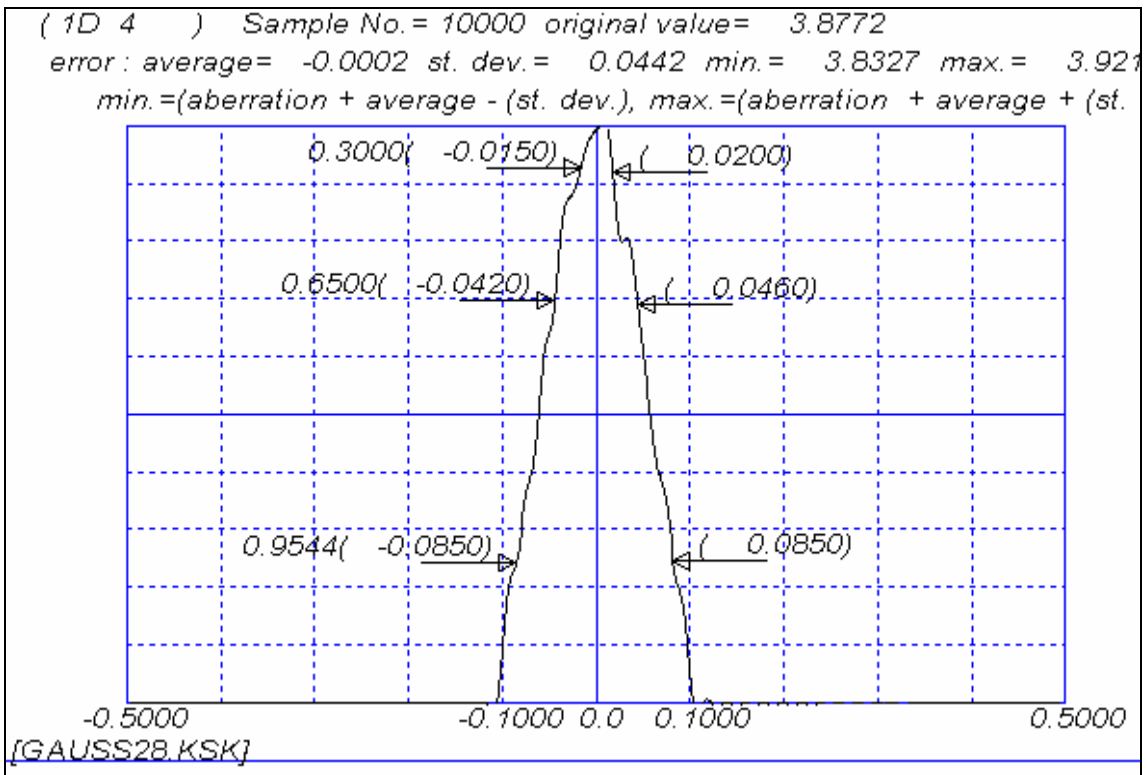
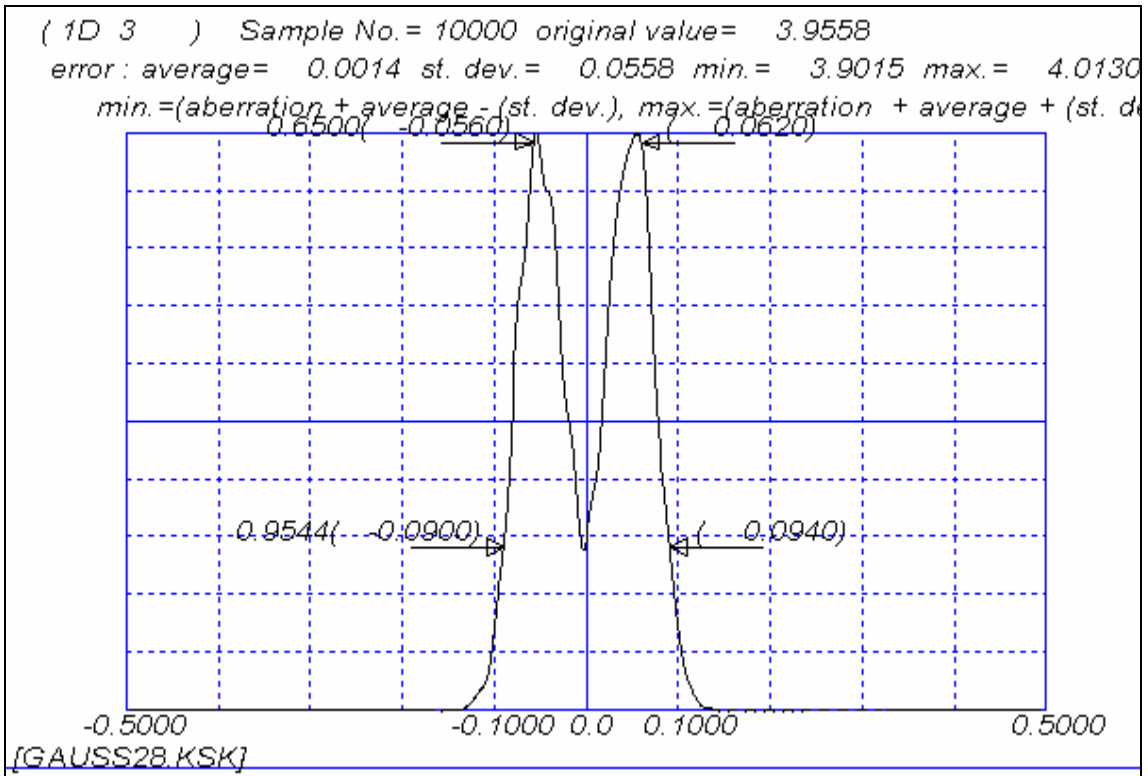
total sample no.= 10000 minimum=aberration + average - (st. dev.), maximum=aberration + average + (st. dev.)

```

	original	average	st.dev.	minimum	maximum	DRIFT	DRIFT_L	DRIFT_U
(1)	50.185943 (1DEFL)	0.335548	0.158146	50.363345	50.679637	0.200000		
(2)	2.111800 (1D 1)	0.000223	0.057645	2.054378	2.169668	0.100000		
(3)	0.100000 (1D 2)	-0.000196	0.050209	0.049595	0.150013	0.100000		
(4)	3.955800 (1D 3)	0.001450	0.055796	3.901454	4.013045	0.100000		
(5)	3.877200 (1D 4)	-0.000243	0.044249	3.832708	3.921206	0.100000		
(6)	22.815600 (1LWID)	0.001327	0.126632	22.690295	22.943560			
(7)	0.327442 (1LVAL)	0.001765	0.005996	0.323211	0.335204			
(8)	39.817993 (1DFB)	0.326461	0.271783	39.872671	40.416237	0.200000	-0.022200	0.688200
(9)	-1.966930 (1DIS1)	-0.003131	0.065282	-2.035343	-1.904778			
(10)	-0.818035 (1DIS2)	-0.001606	0.039927	-0.859568	-0.779714			
(11)	0.000000 (1S2wM- 1S2wS)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000			

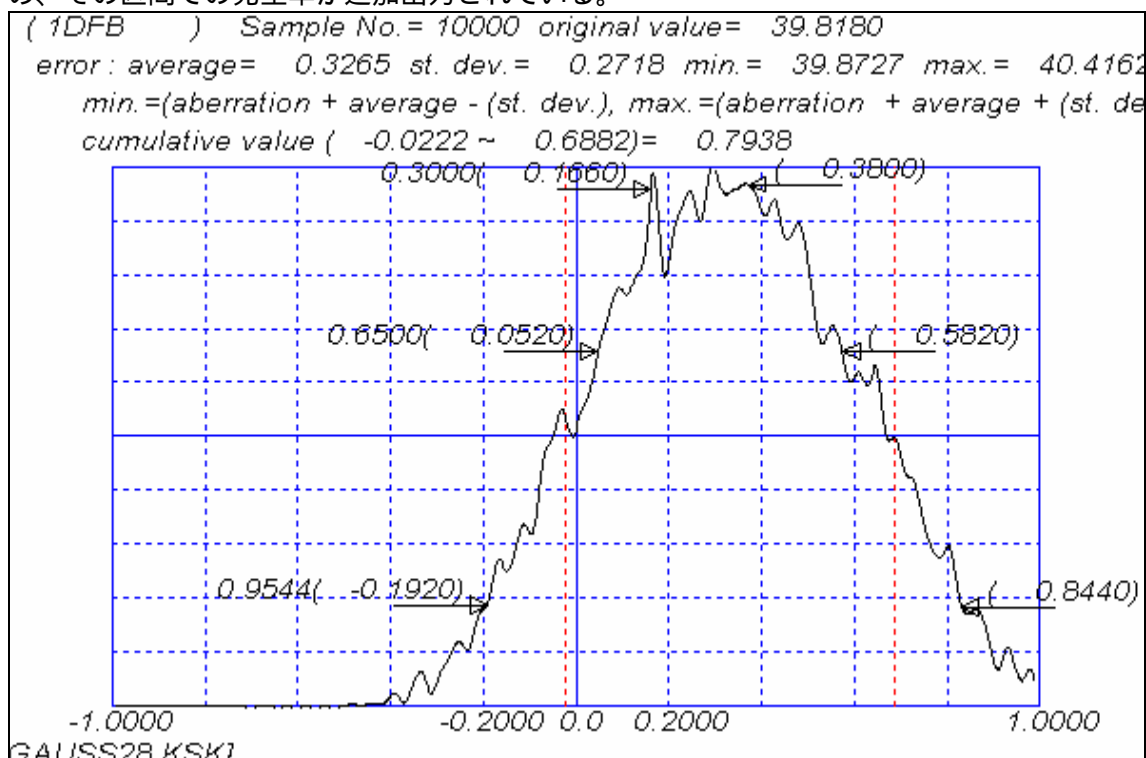
が得られる。D1 は(-0.1,0.1) の範囲の一様分布であるため平均値がゼロで分散が $0.1/\sqrt{3} = 0.0577$ であるべきだがほぼ満足している。D2 は $P_l = -0.1, P_u = 0.1$ で与えられるガウス分布でありこの場合 $P_u - P_l = 4\sigma$ に取られているため標準偏差は $0.2/4=0.05$ であるべきだがほぼ満足されている。D1~D4 は DRIFT=0.1 が与えられているため、ヒストグラムが与えられ





FB に対するヒストグラムは DRIFT_L = -0.0222、DRIFT_U = 0.6882 が与えられているた

め、その区間での発生率が追加出力されている。



§ 6-3-3 QLDLS 用特殊 option

§ 6-3-3-1 washer 収差

[KIN0721.CRD]を LENS.CRD に copy し LCARD DLCTGN によって DLS control data を
 附与し、 DLS EDTDCT の後で Ctrl+H を押し、例えば

(SPL/TTWH Z1) T=1.0 W=1.0

とすれば total washer を収差として選択することが出来、これは設計値から構成
 parameter が変動した時製造現場で調整に用いる washer の厚さを simulate するものであ
 る。この収差を用いるにはまず focusing group を INF1 , INF2 で指定しておく必要がある。
 以下計算法を簡単に説明する。

wide , normal , tele 状態における最終面から像点までの設計値での長さ (F_b) を l_w , l_N ,
 l_T とし (もちろん $F_b = \text{const}$ ならば 3 つの値は等しい)、製造誤差を含んだ状態での長さを
 S_w , S_N , S_T とする。今この誤差を含んだ状態で focus 部を ε_1 だけ移動した時の長さ S'_w ,
 S'_N , S'_T とすれば

$$\begin{aligned}
S'_W &= S_W + A_W \varepsilon_1 \\
S'_N &= S_N + A_N \varepsilon_1 \\
S'_T &= S_T + A_T \varepsilon_1
\end{aligned}$$

と表現できる。ただし、 A_W , A_N , A_T は感度である。この時

$$S'_T - S'_W = S_T - S_W + (A_T - A_W) \varepsilon_1$$

となるが、この F_b の差を設計値

$$d_T = l_T - l_W$$

に一致される ε_1 を求めれば

$$\varepsilon_1 = \{d_T - (S_T - S_W)\} / (A_T - A_W)$$

となる。この ε_1 を focusing washer と呼ぶことにすれば、 ε_1 だけ focus 部を移動させれば wide と tele の像面は一致するが、本来の像面とは

$$\varepsilon_2 = S'_W - l_W$$

だけ長くなっている。この ε_2 を total washer と呼んでいる。次に normal 状態を考えると新しい F_b に対し

$$\varepsilon_3 = (S'_N - l_N) - \varepsilon_2$$

だけ長くなっており、これを中間部のふくらみ (F_b drift) と呼んでいる。

focusing washer , F_b drift を収差として選択するには前述の所で TTWH FCWH , FBDF とすればよい。

§ 6-3-3-2 連結 pin 位置誤差 (KPINEX)

例えば古典的 4 群 zoom lens を考えた時、variator は一体となって pin によって鏡筒上の cam 溝に連結されているが、この pin の位置に誤差があった場合を simulate する。この場合、LCARD Special-1 と進み KPINEX=1 とし、variator の前後の間隔番号を 20(212) の形式で入力すればよい。この時は 2 桁の整数 2 個が一組となって一個の pin に対応している。この時使用される標準誤差は KJUZZK と同じく GSDCPL が用いられる。

§ 6-3-3-3 実施例

実施例のためには先程の zoom lens に KJUZZK に対応して 0607 を入れ、KPINEX に対応して 0510 を入れ、washer 収差のための focusing 間隔として INF1=00 INF2=05 を入力し、

```

Name of this file=Q_PARABD.CHG

in case QLDLS distribution type is decided by KTYPE as follows
KTYPE=0 --> uniform in (LOWER1,UPPER1)
KTYPE=1 --> gaussian with average=(LOWER1+UPPER1)/2.0,
              dispersion*2.0=(UPPER1-LOWER1)/2.0 , I.E. 95.44% is inside of (LOWER1,UPPER1)
KTYPE=2 --> double peak gaussian, i.e. additionally uses second data
KTYPE=3 --> gaussian multiplied by uniform distribution

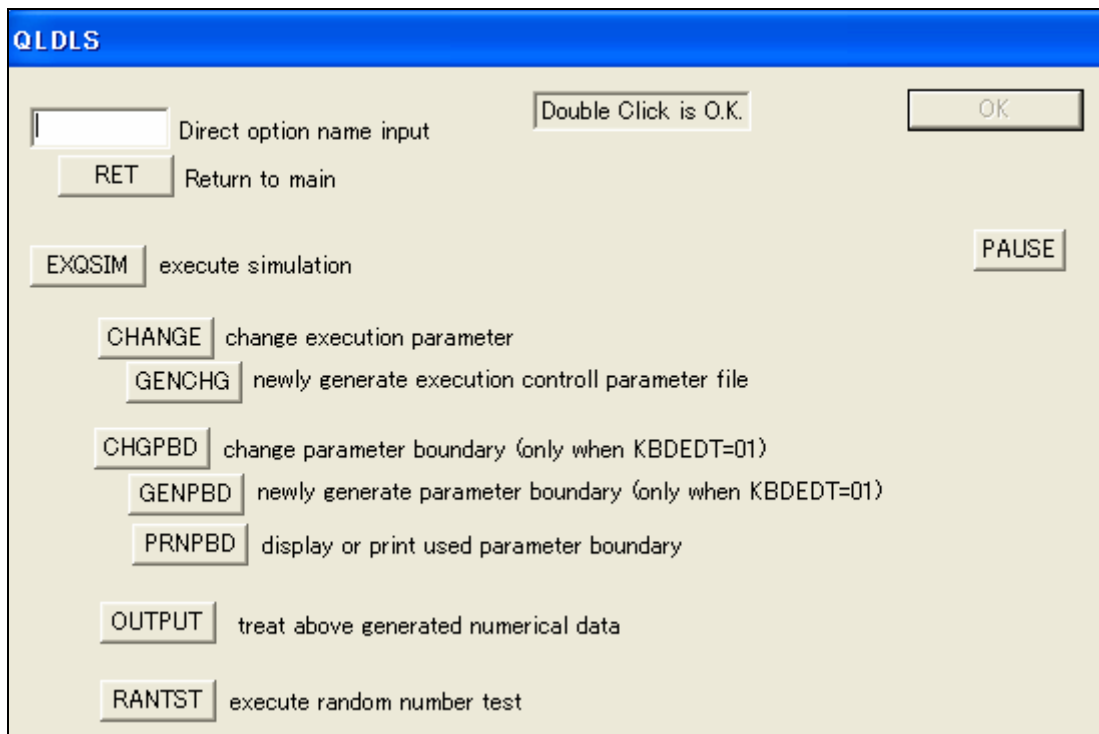
SIGCF= 1.0000 is used for second data generation

      LOWER1  UPPER1  LOWER2  UPPER2  KTYPE
G( 1)F      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 1)B      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 2)F      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 2)B      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 3)B      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 4)F      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 4)B      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 5)B      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 6)F      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0
G( 6)B      -5.0000  -2.0000  -5.0000  -2.0000    0

      D( 1)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D( 2)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D( 3)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D( 4)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D( 5)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D( 6)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D( 7)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D( 8)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D( 9)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0
      D(10)      -0.0500  0.0500  -0.0500  0.0500    0

      G( 1)Nd     -0.0005  0.0005  -0.0005  0.0005    0
      G( 1)V      -0.2000  0.2000  -0.2000  0.2000    0
      G( 2)Nd     -0.0005  0.0005  -0.0005  0.0005    0
      G( 2)V      -0.2000  0.2000  -0.2000  0.2000    0
      G( 3)Nd     -0.0005  0.0005  -0.0005  0.0005    0
      G( 3)V      -0.2000  0.2000  -0.2000  0.2000    0
      G( 4)Nd     -0.0005  0.0005  -0.0005  0.0005    0
      G( 4)V      -0.2000  0.2000  -0.2000  0.2000    0
      G( 5)Nd     -0.0005  0.0005  -0.0005  0.0005    0
      G( 5)V      -0.2000  0.2000  -0.2000  0.2000    0
      G( 6)Nd     -0.0005  0.0005  -0.0005  0.0005    0
      G( 6)V      -0.2000  0.2000  -0.2000  0.2000    0
    
```

が与えられるので必要ならば修正する。その後で、dialog として



が与えられ、**EXQSIM** を選べば<資料:6-3-3-B>が得られる。

各 position において3個の washer 収差が出力されているが total washer と focusing washer は position によらず同じであり、 F_b -drift は normal 端のみで存在することが判るであろう。

<資料:6-3-3-B>

	original		(1)	(2)	(3)	(
(1)	268.5400	G(1)F	268.8278	268.6678	268.7682	
(2)	80.1300	G(1)B	80.1064	80.1152	80.1083	
(3)	-410.7700	G(2)B	-411.3038	-411.2161	-411.3846	
(4)	90.6000	G(3)F	90.6253	90.6172	90.6183	
(5)	3376.4900	G(3)B	3334.0879	3335.7844	3349.5830	
(6)	222.9600	G(4)F	223.1498	223.2421	223.2305	
(7)	-81.3000	G(4)B	-81.3241	-81.3389	-81.3395	
(8)	154.0300	G(5)B	153.8703	153.9111	153.8643	
(9)	-184.0200	G(6)F	-183.7743	-183.8812	-183.8114	
(10)	51.5300	G(6)B	51.5093	51.5182	51.5084	
(11)	-47.6900	G(7)F	-47.6731	-47.6762	-47.6668	
(12)	33.7900	G(7)B	33.7789	33.7841	33.7841	
(23)	-53.3300	G(14)B	-53.3611	-53.3485	-53.3622	
(24)	135.8400	G(15)F	136.0153	136.0064	135.9940	
(25)	-53.6400	G(15)B	-53.6667	-53.6625	-53.6578	
(26)	4.7000	D(6)	4.6669	4.6973	4.7205	
(27)	1.3000	D(7)	1.3398	1.3145	1.2653	
(28)	2.7000	D(8)	2.6795	2.6913	2.7181	
(29)	1.0000	D(9)	0.9572	0.9734	0.9700	
(30)	6.0000	couple- 1	6.0067	6.0117	5.9858	
(31)	0.0000	pin- 5-10	0.0229	0.0209	-0.0235	
(32)	2.0410	1-cam. -1	2.0641	2.0580	2.0199	
(33)	28.6240	1-cam. -2	28.5911	28.6082	28.6447	
(34)	31.4850	2-cam. -1	31.4955	31.4954	31.4729	
(35)	7.2957	2-cam. -2	7.2898	7.2774	7.3045	

(36)	47.5653	3-cam.-1	47.5874	47.5934	47.5545
(37)	5.9926	3-cam.-2	5.9565	5.9620	6.0005

increment of parameter, where R-increment is represented by Newton line value

	original		(1)	(2)	(3)	(
(1)	268.540	G(1)F	-4.999906	-2.248160	-3.995030	
(2)	80.130	G(1)B	-4.915322	-3.095927	-4.532214	
(3)	-410.770	G(2)B	-3.874225	-3.238784	-4.460340	
(4)	90.600	G(3)F	-3.928161	-2.666561	-2.845150	
(5)	3376.490	G(3)B	-4.417170	-4.238612	-2.790129	
(6)	222.960	G(4)F	-3.035543	-4.512556	-4.325758	
(7)	-81.300	G(4)B	-2.953584	-4.787740	-4.855875	
(8)	154.030	G(5)B	-4.271904	-3.178540	-4.431329	
(9)	-184.020	G(6)F	-4.442277	-2.507940	-3.765086	
(21)	94.780	G(13)B	-2.075756	-2.869602	-2.903621	
(22)	-20.190	G(14)F	-4.104621	-3.772457	-4.355103	
(23)	-53.330	G(14)B	-4.054543	-2.439237	-4.237571	
(24)	135.840	G(15)F	-4.034772	-3.873894	-3.576047	
(25)	-53.640	G(15)B	-4.259768	-3.630556	-2.866587	
(26)	4.700	D(6)	-0.033100	-0.002748	0.020477	
(27)	1.300	D(7)	0.039799	0.014451	-0.034685	
(28)	2.700	D(8)	-0.020515	-0.008706	0.018098	
(29)	1.000	D(9)	-0.042810	-0.026559	-0.029954	
(30)	6.000	couple- 1	0.006700	0.011703	-0.014209	
(31)	0.000	pin- 5-10	0.022859	0.020905	-0.023466	
(32)	2.041	1-cam.-1	0.000223	-0.003870	0.002369	
(33)	28.624	1-cam.-2	-0.009792	0.001227	-0.000357	
(34)	31.485	2-cam.-1	-0.012598	-0.006684	0.008973	
(35)	7.296	2-cam.-2	0.014415	-0.009131	-0.002992	
(36)	47.565	3-cam.-1	-0.001006	0.011108	0.010342	
(37)	5.993	3-cam.-2	-0.004191	-0.003676	-0.002545	

increment of aberration with perturbed parameter

	original		(1)	(2)	(3)	(
(1)	0.000000 (1TTWH)		0.368522	0.343838	0.387625	
(2)	0.000000 (2TTWH)		0.368522	0.343838	0.387625	
(3)	0.000000 (3TTWH)		0.368522	0.343838	0.387625	
(4)	0.000000 (1FCWH)		-0.220841	-0.138997	-0.228876	
(5)	0.000000 (2FCWH)		-0.220841	-0.138997	-0.228876	
(6)	0.000000 (3FCWH)		-0.220841	-0.138997	-0.228876	
(7)	0.000000 (1FBDF)		0.000000	0.000000	0.000000	
(8)	0.000000 (2FBDF)		0.050403	0.011858	0.012704	
(9)	0.000000 (3FBDF)		0.000000	0.000000	0.000000	

total sample no.= 3 minimum= aberration + average - (st. dev.), maximum=aberration + average + (st. dev.)

	original		average	st.dev.	minimum	maximum
(1)	0.000000 (1TTWH)		0.366662	0.017925	0.348737	0.384586
(2)	0.000000 (2TTWH)		0.366662	0.017925	0.348737	0.384586
(3)	0.000000 (3TTWH)		0.366662	0.017925	0.348737	0.384586
(4)	0.000000 (1FCWH)		-0.196238	0.040608	-0.236846	-0.155630
(5)	0.000000 (2FCWH)		-0.196238	0.040608	-0.236846	-0.155630
(6)	0.000000 (3FCWH)		-0.196238	0.040608	-0.236846	-0.155630
(7)	0.000000 (1FBDF)		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
(8)	0.000000 (2FBDF)		0.024988	0.017974	0.007014	0.042962
(9)	0.000000 (3FBDF)		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

§ 6-4 感度による公差の決定

当節の program は松居吉哉氏の論文(品質管理 vol.25, 277, 1979;以後 Ref.7 と呼ぶ)に

準拠しているが、まず Ref.7 の内容を簡単に説明し、その出力を説明しながら入力形式について説明する。

§6-4-1 理論

まず単純な場合として光学系の評価を一つ取上げ、それを F とし、その評価が構成要素 X_i ($i=1, n$) の単純和

$$F = \sum_{j=1}^n X_j \quad (6-4-1)$$

である場合を考える。 X_j の変動 ΔX_j に対する F の変動 ΔF は

$$\Delta F = \sum_{j=1}^n \Delta X_j \quad (6-4-2)$$

$$(\Delta F)^2 = \sum_{j=1}^n (\Delta X_j)^2 + \sum_{i \neq j} \sum (\Delta X_i \Delta X_j) \quad (6-4-3)$$

と表現できるが、沢山の製品を作ったと考えてそれら全体での平均、すなわち標本平均を $\langle \rangle$ で表すとすれば(6-4-3)式の最終項は構成要素が独立であるとすれば零となり

$$\langle (\Delta F)^2 \rangle = \sum_{j=1}^n \langle (\Delta X_j)^2 \rangle \quad (6-4-4)$$

が成立する。そこで F に対する許容量を T_F および X_j に関する公差 T_{X_j} を

$$T_F^2 = \langle (\Delta F)^2 \rangle \quad (6-4-5)$$

$$T_{X_j}^2 = \langle (\Delta X_j)^2 \rangle \quad (6-4-6)$$

と定義すれば、(6-4-4)は

$$T_F^2 = \sum_{j=1}^n T_{X_j}^2 \quad (6-4-7)$$

と表現される。そこで各構成要素の製造難易度を考慮して

$$W_j T_{X_j}^2 = K \quad (6-4-8)$$

とすれば(6-4-7)式に代入することにより

$$K = \frac{T_F^2}{\sum_{j=1}^n (1/W_j)} \quad (6-4-9)$$

となり、(6-4-8)より T_{x_j} が得られる。勿論すべての W_j が1ならば

$$T_{x_j} = \frac{T_F}{\sqrt{n}} \quad (6-4-10)$$

となる。次に構成要素に対する感度を考慮して、(6-4-2)式と同じく

$$\Delta F = \sum_{j=1}^n A_j \Delta X_j \quad (6-4-11)$$

と表現される場合は(6-4-7)式に対応して

$$T_F^2 = \sum_{j=1}^n A_j^2 T_{x_j}^2 \quad (6-4-12)$$

となるため、(6-4-8)を(6-4-12)に代入すれば

$$K = \frac{T_F^2}{\sum_{j=1}^n (A_j^2/W_j)} \quad (6-4-13)$$

となり、感度を考慮した公差が得られる。

次に複数の評価 F_i ($i=1, m$)を考慮した時は(6-4-2)式とまったく同じで

$$\Delta F_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \Delta X_j \quad ; (i=1, m) \quad (6-4-14)$$

であり、(6-4-7)式に対応して

$$T_{F_i}^2 = \sum_{j=1}^n A_{ij}^2 T_{x_j}^2 \quad ; (i=1, m) \quad (6-4-15)$$

が成立するが、これらの式は $i=1, m$ に対して右辺が左辺より小なれば公差の主旨に合致するため、不等号に直し各評価間の dimension を合わせるため

$$K_{ij} = A_{ij}/T_{F_i} \quad (6-4-16)$$

を導入し、(6-4-15)を

$$1 \geq \sum_{j=1}^n K_{ij}^2 T_{X_j}^2 \quad ; (i=1, m) \quad (6-4-17)$$

と書き換える。この K_{ij} が parameter の実質感度であるが、 j 番目の parameter に関するもので最も感度の高いものを K_j 、すなわち

$$K_j = \max\{ |K_{ij}| ; i=1, m \} \quad (6-4-18)$$

をその parameter の最高実質感度とすれば、(6-4-17)は

$$1 \geq \sum_{j=1}^n (K_{ij}/K_j)^2 (K_j T_{X_j})^2 \quad ; (i=1, m) \quad (6-4-19)$$

となる。さて公差設定に際しての基本原則は、感度の大きい parameter に対しては、それに応じた厳しい公差をつける事であるが、以前と同じく難易度を W_j として

$$W_j (K_j T_{X_j})^2 = K \quad ; (j=1, n) \quad (6-4-20)$$

とするならば、(6-4-19)は

$$1 \geq K \sum_{j=1}^n (K_{ij}/K_j)^2 (1/W_j) \quad ; (i=1, m) \quad (6-4-21)$$

となる。 K の値としては大きければ公差が大きくなり、製造が容易であるため、(6-4-21)式の m 本の方程式を満たす K の内で最大の値を選ぶことになる。すべてを満たすためには、(6-4-21)の右辺で K に掛る係数が最大になるものを選び、最大の値にするには等号を選ぶことになる。逆にこの方程式の番号が全体の公差を決めることになるため、<TOL-4>では neck aberration として出力されている。この番号を $i=u$ とすれば K は

$$K = \frac{1}{\sum_{j=1}^n (K_{uj}/K_j)^2 (1/W_j)} \quad (6-4-22)$$

として得られ、個々の parameter に関する公差は(6-4-20)より

$$T_{X_j}^2 = K / (W_j K_j^2) \quad (6-4-23)$$

として得られることになる。

さて以上によって全 parameter の公差が求まり、 W_j を調整する事により適度の公差が (T_{Ri} が適切ならば) 得られることになるが、 W_j を何度も調整することは手間がかかるため、 W_j による調整は以下の手段を講じた上で最終段階で行うこととする。

まず、それ以上ゆるくては意味がないと言う最大公差 $[(T_{X_j})_M (j=1, n)]$ を与え、(6-4-15)式から(6-4-22)式で一旦公差を求め、得られた公差の内 $(T_{X_j})_M$ を越える parameter の公差を $(T_{X_j})_M$ に固定する。この時 $j=1 \sim s$ の parameter の公差が固定されたとすれば、(6-4-15)式は

$$(T_{F_i})^2 - \sum_{j=1}^s A_{ij}^2 (T_{X_j})_M^2 = \sum_{j=s+1}^n A_{ij}^2 T_{X_j}^2 \quad ; (i=1, m) \quad (6-4-24)$$

となるため、この左辺を新たな許容誤差 $(T_{F_i})^2$ として(6-4-23)までを繰り返すことになる。

次に貼り合わせ lens のように個々の lens 厚を独立 parameter として取扱うと公差が厳しすぎる場合は、片方の厚みと二枚の合成厚を独立変数として公差を求めると比較的ゆるい公差が得られるが、その手続きを解説する。 X_1, X_2 を個々の厚み、 T を合成厚とすれば

$$\Delta X_1 + \Delta X_2 = \Delta T \quad (6-4-25)$$

であり、 X_1 を独立変数とすれば、

$$\Delta F_{ij} = A_{i1} \Delta X_1 + A_{i2} \Delta X_2 \quad (6-4-26)$$

$$= (A_{i1} - A_{i2}) \Delta X_1 + A_{i2} \Delta T \quad (6-4-27)$$

となる。同様に、 X_2 を独立変数とすれば

$$\Delta F_{ij} = (A_{i2} - A_{i1}) \Delta X_2 + A_{i1} \Delta T$$

となる。このことは、どちらを独立変数としても個々の厚みに関する公差は同じであるが、組み合わせ公差は異なることを意味している。それならば、感度の緩い方を従属変数にとればよいことになるが、 i -番目の収差としてどの収差を選ぶかによって異なることになり一概には決めれない。これは一見不思議であるが今の所解決していない。そのため、どちらを独立変数とするかは外部から指示することになっている。

§6-4-2 T0LE-option による実施例

実際の計算では §3 の gauss type で収差指定を

```
(PARA/F Z1 C1) target=50.0 weight=1.0 drift=0.35
(PARA/FB Z1 C1) target=50.0 weight=1.0 drift=0.35
((PR/FB C2)-(PR/FB C1)) T=0.0 W=1.0 drift=0.04
(AXIAL/SPH Z1 C1 RHY=0.7) target=0.0 weight=1.0 drift=0.05
(TRANS Z1 F2 C1 R=-.5) T=0.0 W=1.0 drift=0.02
(TRANS/TAS Z1 F2 C1) T=0.0 W=1.0 drift=0.03
```

```
(TRANS/SAS Z1 F2 C1) T=0.0 W=1.0 drift=0.02
(TRANS/DIST Z1 F2 C1) T=0.0 W=1.0 drift=0.2
(TRANS Z1 F2 C2 R=0.0) drift=0.01
```

として行う。drift によって指定される数値が(6-4-12)式の右辺の収差に対する許容誤差である。ここで、**DLS**→**TLDLS**→**CPT**と進み、これ等収差の感度を計算して居く。そこで TOLE を選択すれば、(6-4-27)式に対応した張り合わせレンズの組み合わせ公差のデータとして

```
c
c name of this file = DCPL.CHG
c
c
c data to specify cemented D-coupled group (maximum 30-set)
c KDCPLS: 1-st space number
c KDCPLE: 2-nd space number
c KDCPLI: independent space number
c
c 3: 4: 4:
c 7: 8: 8:
c
```

が与えられるので、必要ならば修正する。独立変数とする KDCPLI は内部で感度を調べてより小さいほうを選んでいる。次に、パラメターに対する最大公差、重み、変数指定に対するデータとして

(RET)=return to mother option
 (XQT)=compute and decide tolerance
 (CHG)=change used data
 (OUTPUT)=treat output file

が与えられるので、XQT を選べば、出力として

<資料 : 6-4-1 >

Tolerance according to Dr. Mastui

Aberration data

Aberration error which will probably occur

	Given allowance	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)(1DEFL)	0.35000	0.32153	0.23788	0.23829	0.23829	0.23829
(2)(1DFB)	0.35000	0.33395	0.24036	0.24005	0.24005	0.24005
(3)(1GFB-1DFB)	0.04000	0.02747	0.03180	0.02806	0.02768	0.02768
(4)(1DSA0)	0.05000	0.03057	0.02191	0.02212	0.02212	0.02212
(5)(1D-20)	0.02000	0.00323	0.00221	0.00224	0.00224	0.00224
(6)(1DMR2)	0.03000	0.03000	0.03000	0.03000	0.03000	0.03000
(7)(1DSG2)	0.02000	0.01097	0.01098	0.01100	0.01100	0.01100
(8)(1DIS2)	0.20000	0.07984	0.03144	0.03057	0.03057	0.03057
(9)(1G-20)	0.01000	0.00222	0.00205	0.00181	0.00179	0.00179

Parameter data

			neck aberration -->		(1DMR2)	(1DMR2)	(1DMR2)	(1DMR2)	(1DMR2)
	p.name	most eff.ab.	max.v.	weight	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)	G(1)F (1DFB)		5.00000	1.00	(1)	6.44148	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(2)	G(1)B (1DFB)		5.00000	1.00	(2)	6.29415	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(3)	G(2)F (1DMR2)		5.00000	1.00	(3)	7.35854	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(4)	G(2)B (1DMR2)		5.00000	1.00	(4)	12.38460	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(5)	G(3)B (1DFB)		5.00000	1.00	(5)	7.41766	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(6)	G(4)F (1DEFL)		5.00000	1.00	(6)	7.99009	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(7)	G(4)B (1DMR2)		5.00000	1.00	(7)	13.54017	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(8)	G(5)B (1DEFL)		5.00000	1.00	(8)	5.97661	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(9)	G(6)F (1DEFL)		5.00000	1.00	(9)	5.31396	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(10)	G(6)B (1DEFL)		5.00000	1.00	(10)	5.33062	5.00000@	5.00000*	5.00000*
(11)	D(1) (1DMR2)		0.05000	1.00	(11)	0.08764	0.05000@	0.05000*	0.05000*
(12)	D(2) (1DMR2)		0.05000	1.00	(12)	0.04975	0.07282	0.05000@	0.05000*
(13)	D(4+ 3) (1DMR2)		0.05000	1.00	(13)	0.01098	0.01607	0.01747	0.01747
(14)	D(4) (1DMR2)		0.05000	1.00	(14)	0.13268	0.05000@	0.05000*	0.05000*
(15)	D(5) (1DIS2)		0.05000	1.00	(15)	0.18289	0.05000@	0.05000*	0.05000*
(16)	D(6) (1DIS2)		0.05000	1.00	(16)	0.18289	0.05000@	0.05000*	0.05000*
(17)	D(8+ 7) (1DMR2)		0.05000	1.00	(17)	0.01247	0.01826	0.01985	0.01985
(18)	D(8) (1DMR2)		0.05000	1.00	(18)	0.06906	0.05000@	0.05000*	0.05000*
(19)	D(9) (1DMR2)		0.05000	1.00	(19)	0.01912	0.02799	0.03043	0.03043
(20)	D(10) (1DMR2)		0.05000	1.00	(20)	0.03445	0.05043	0.05000@	0.05000*
(21)	G(1)Nd (1DFB)		0.00050	1.00	(21)	0.00197	0.00050@	0.00050*	0.00050*
(22)	G(1)V (1GFB-1DFB)		0.20000	1.00	(22)	0.45754	0.20000@	0.20000*	0.20000*

(23)	G(2)Nd (1DFB)	0.00050	1.00	(23)	0.00064	0.00050@	0.00050*	0.00050*	0.00050*
(24)	G(2)V (1GFB-1DFB)	0.20000	1.00	(24)	0.38064	0.20000@	0.20000*	0.20000*	0.20000*
(25)	G(3)Nd (1DFB)	0.00050	1.00	(25)	0.00075	0.00050@	0.00050*	0.00050*	0.00050*
(26)	G(3)V (1GFB-1DFB)	0.20000	1.00	(26)	0.17623	0.29261	0.20000@	0.20000*	0.20000*
(27)	G(4)Nd (1DEFL)	0.00050	1.00	(27)	0.00061	0.00050@	0.00050*	0.00050*	0.00050*
(28)	G(4)V (1GFB-1DFB)	0.20000	1.00	(28)	0.10590	0.17584	0.20548	0.20000@	0.20000*
(29)	G(5)Nd (1DEFL)	0.00050	1.00	(29)	0.00067	0.00050@	0.00050*	0.00050*	0.00050*
(30)	G(5)V (1GFB-1DFB)	0.20000	1.00	(30)	0.18409	0.30566	0.20000@	0.20000*	0.20000*
(31)	G(6)Nd (1DEFL)	0.00050	1.00	(31)	0.00200	0.00050@	0.00050*	0.00050*	0.00050*
(32)	G(6)V (1GFB-1DFB)	0.20000	1.00	(32)	0.58886	0.20000@	0.20000*	0.20000*	0.20000*

が、与えられる。出力はほぼ理解できると思うが、neck aberration とあるのは (6-4-22) 式の u に対応した収差である。