

第三十八章 可變焦距長透鏡

(Variable Focal Length Lenses)

可變焦距長透鏡早於真正的變焦 (zoom) 透鏡。在之前其被認為是包含正負群組的透鏡系統，改變這些群組間的空氣間隔將改變有效焦距長。對於投影而言這是一個方便的特徵。因為藉由簡單的調整以及重新聚焦，影像可與螢幕相稱。

在圖 38-1a 顯示一個適用於投影 35mmSLR 相機底片 (18×24mm 形式) 的可變焦距長相機。表 38-1 給出在短焦距位置，1.429 (36.3mm) 的透鏡資料。

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	6.0086e+19	AIR
1	3.856800	0.157000	0.925000	LAF2 C
2	1.127600	0.177000	0.750000	AIR
3	2.355100	0.118000	0.775000	LAFN7 C
4	1.218100	0.104000	0.710000	AIR
5	1.185200	0.243000	0.740000	SF55 C
6	2.874200	1.712000	0.685000	AIR
AST	0.000000	0.118000	0.255000 A	AIR
8	1.599900	0.126000	0.375000	LAK10 C
9	-5.415200	0.020000	0.375000	AIR
10	0.854800	0.193000	0.375000	BAF51 C
11	10.878800	0.042000	0.335000	AIR
12	-8.429200	0.197000	0.335000	SF6 C
13	0.670100	0.336000	0.325000	AIR
14	-7.666800	0.111000	0.435000	BALF4 C
15	-1.375200	1.562000	0.470000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.856313 S	

圖 38-1 可變焦距長投影透鏡

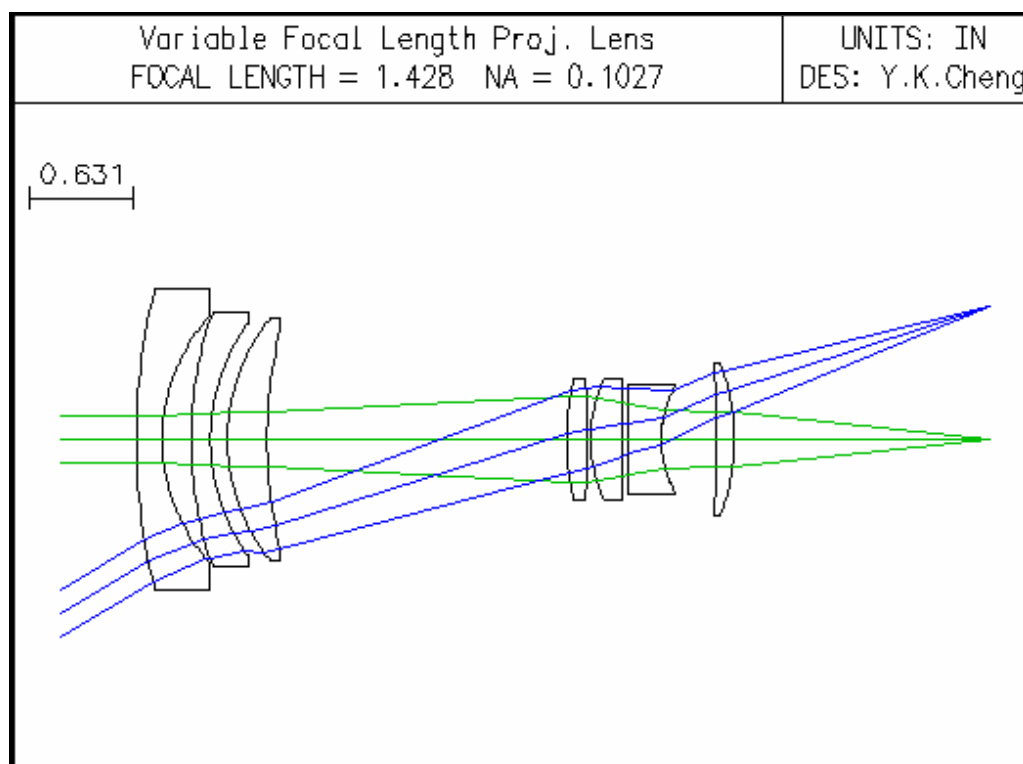
透鏡移動量給在表 38-2。

焦距長	θ (度)	軌跡	畸變 (%)	T(6)	BFL	$f \#$
1.429	31.002	5.215	-5.4	1.712	1.562	4.87
1.751	25.870	4.757	-1.7	1.066	1.749	5.23
2.176	21.372	4.463	0.2	0.532	1.991	5.69
2.695	17.526	4.333	1.1	0.096	2.295	6.27

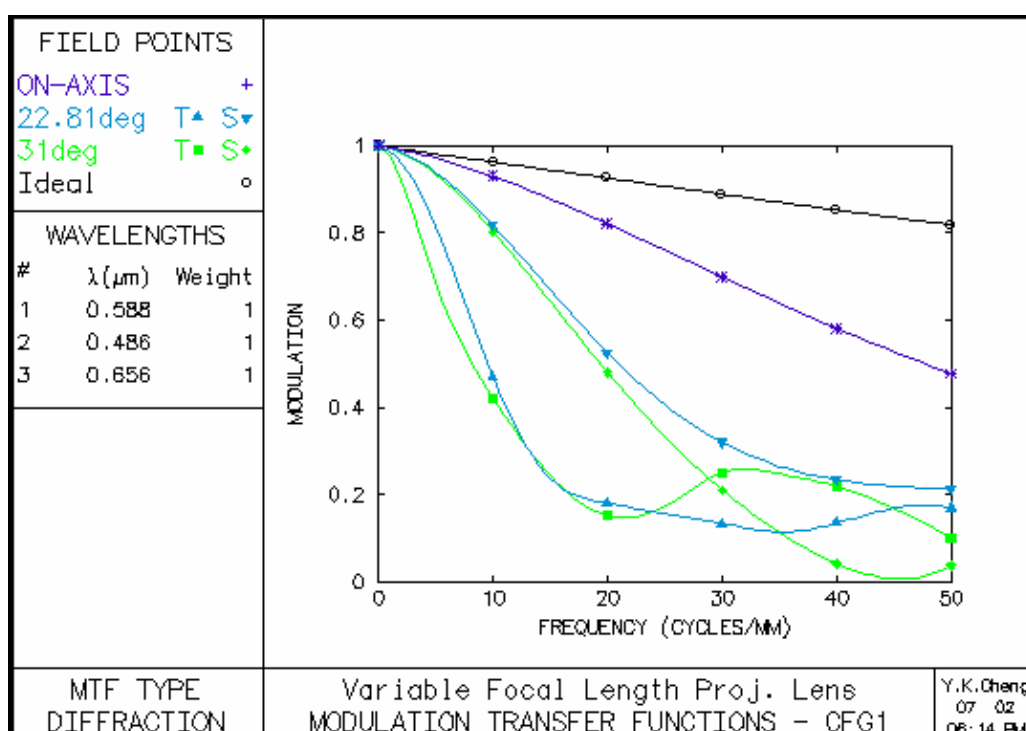
表 38-2 透鏡移動量

在上表中，軌跡 (track) 為透鏡系統從前端鏡頂到像的長度。畸變位於全視野。 θ 為全視野下的半視角。這個透鏡系統為 Sato (1988) 專利的一個修正。如同前面投影透鏡的例子，使用無限遠的物距。建議在製作時，使用電腦對於典型的有限共軛作最後執行。

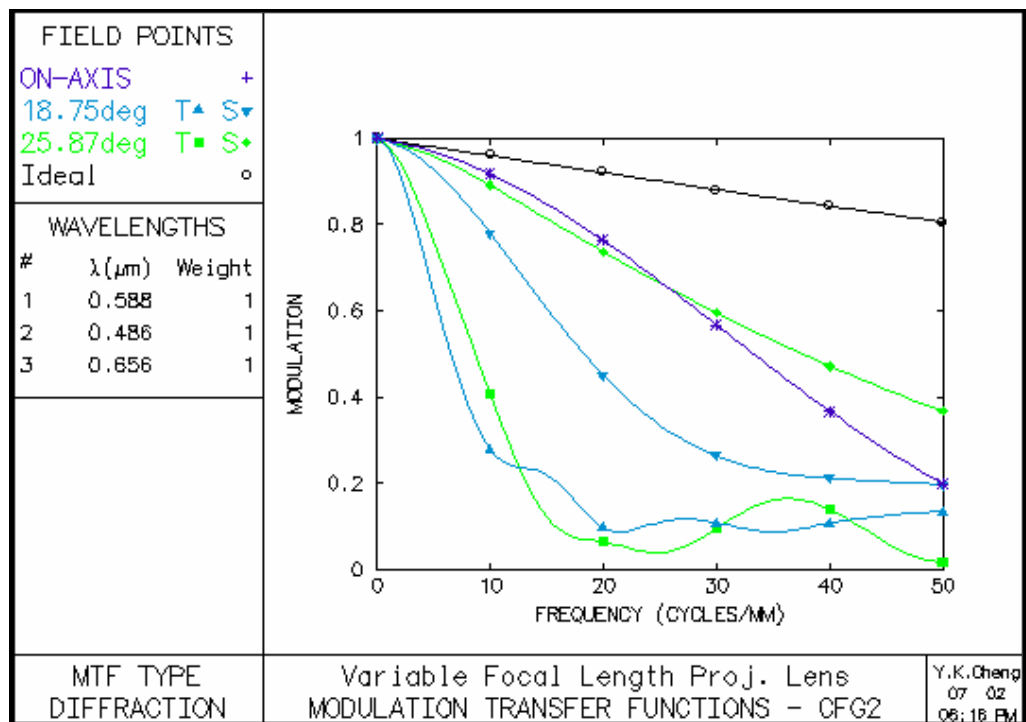
圖 38-1b 到 e 顯示位於表 38-2 列出的焦距的 MTF。



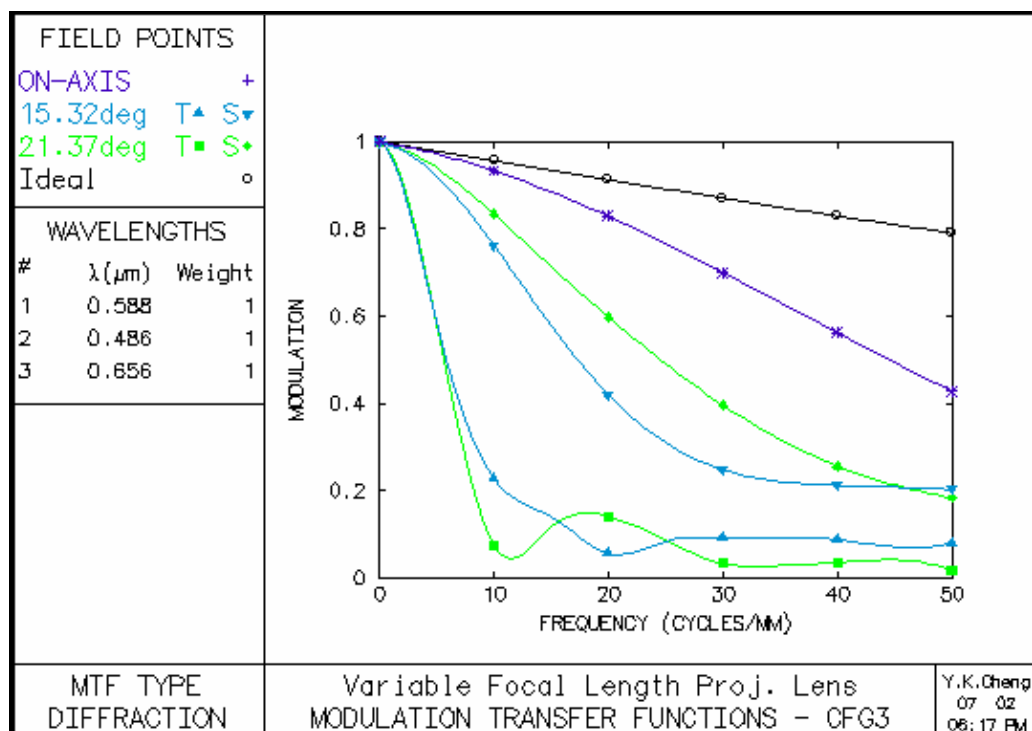
(a)



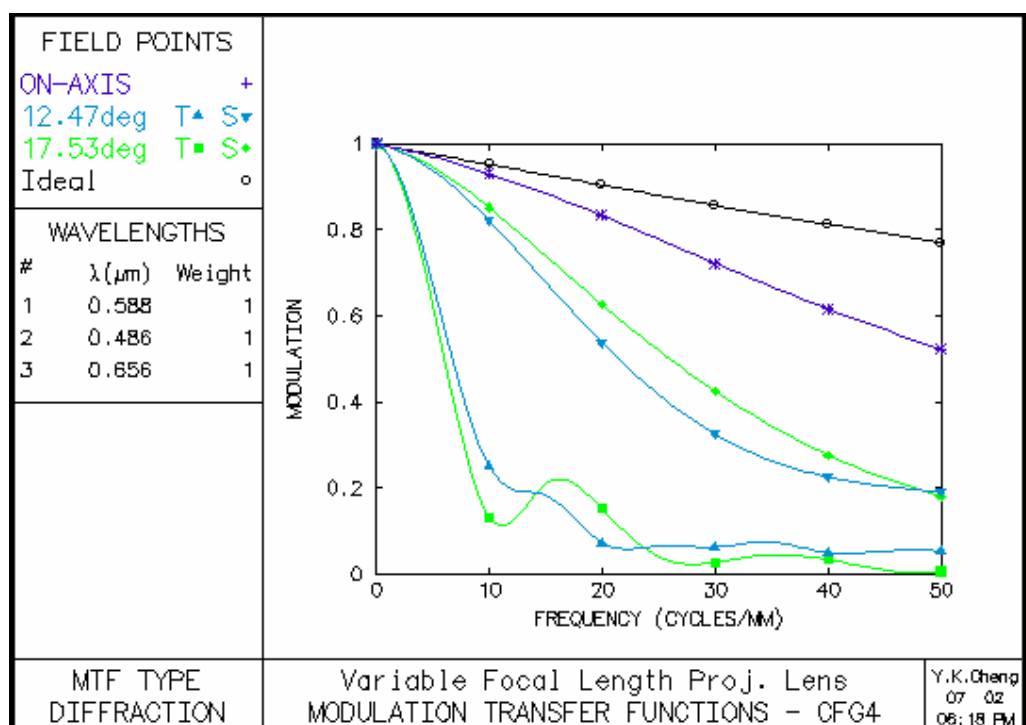
(b)



(c)

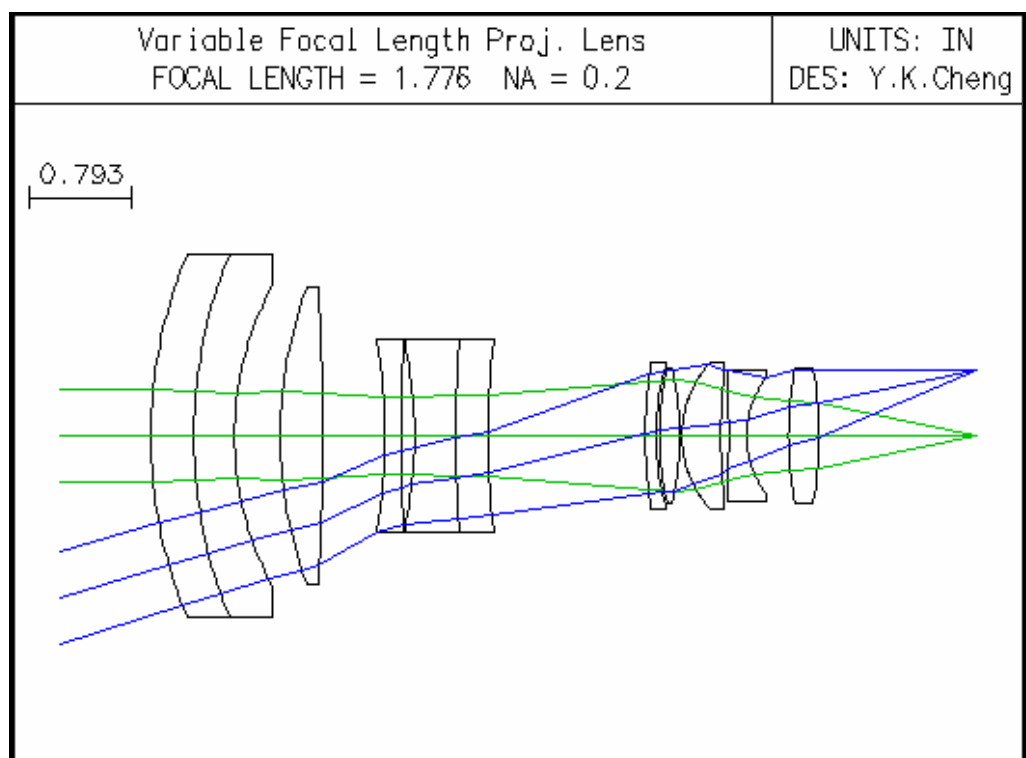


(d)

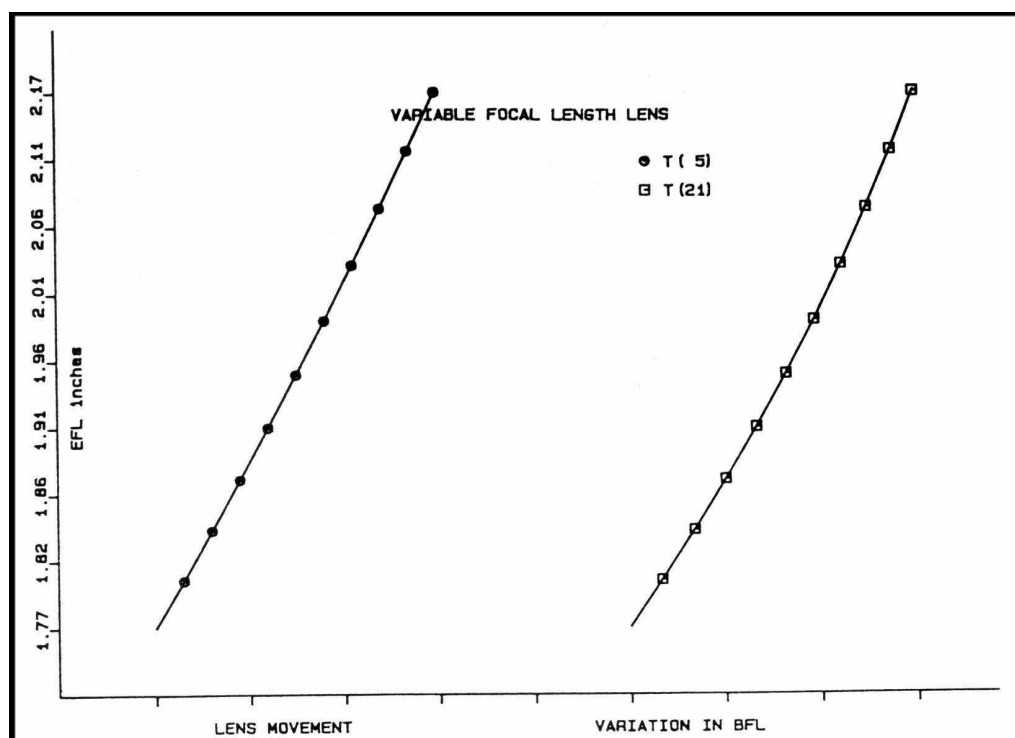


(e)

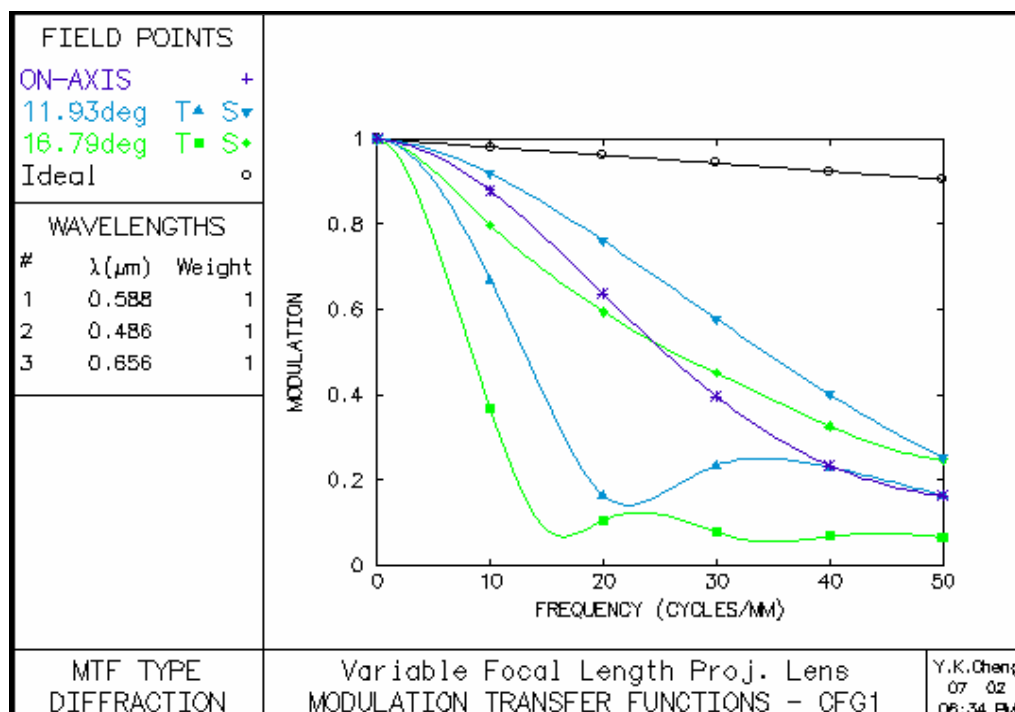
圖 38-1 (a) 可變焦距長投影透鏡 (b) 系統 MTF (EFL=1.429)
 (c) 系統 MTF (EFL=1.751.429) (d) 系統 MTF (EFL=2.1761.429)
 (e) 系統 MTF (EFL=2.6951.429)



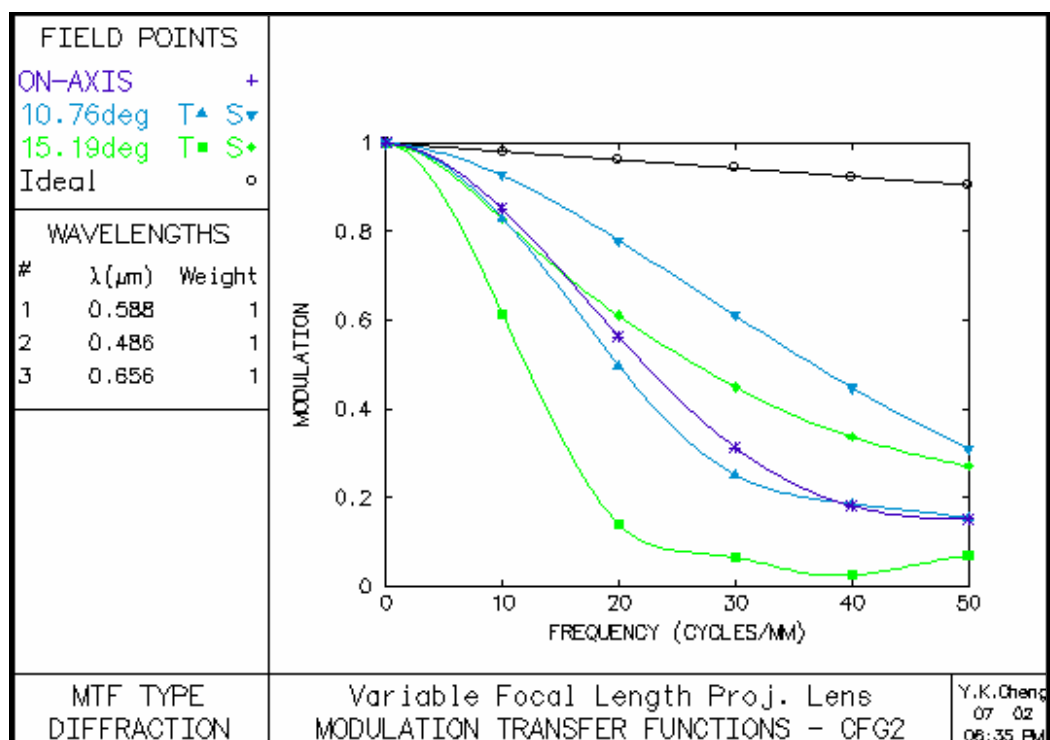
(a)



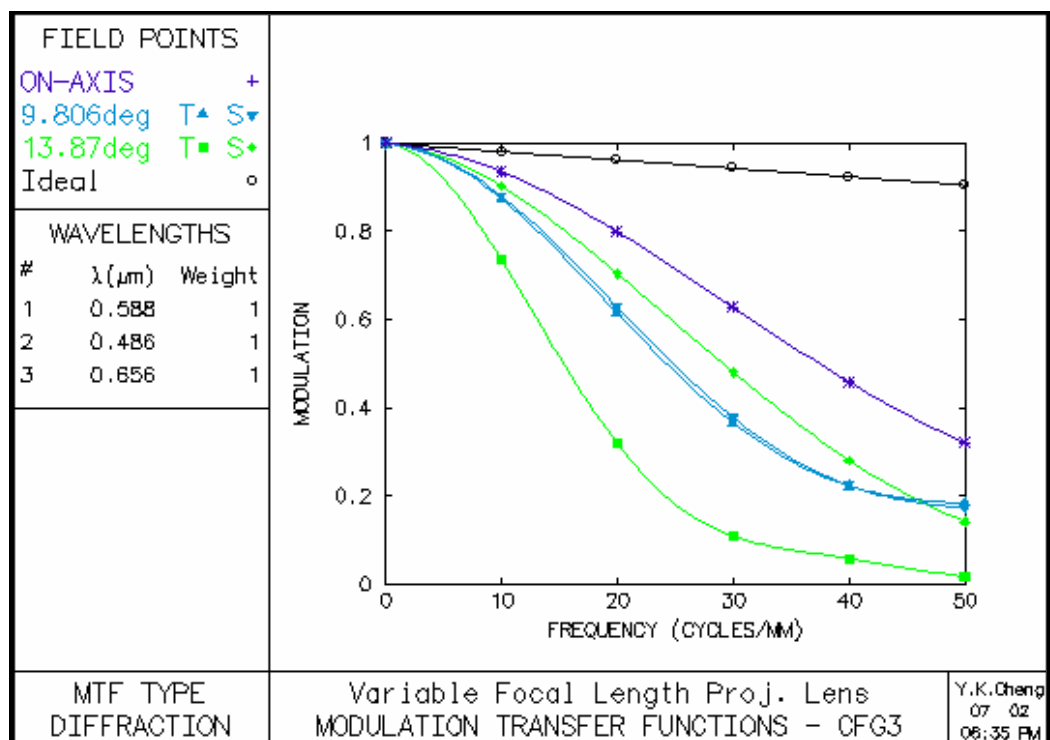
(b)



(c)



(d)



(e)

圖 38-2 (a) 可變焦距長投影透鏡 (b) 透鏡移動量與 BFL 變化
 (c) 系統 MTF (焦距 45mm) (d) 系統 MTF (焦距 50mm)
 (e) 系統 MTF (焦距 55mm)

在圖 38-2a 中顯示一個用來投影 35mm 底片（對角長 1.069）的可變焦距長投影透鏡。不像第一個例子，透鏡組的長度不改變，內部的透鏡群組移動以使焦距長變化從 1.772 (45mm) 到 2.165 (55mm)。其為 $f/25$ 。

短焦距位置的透鏡資料給在表 38-3。

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	3.0173e+19	AIR
1	3.718500	0.335000	1.415000	LAK9 C
2	3.800600	0.315000	1.415000	SF8 C
3	2.464400	0.357000	1.180000	AIR
4	3.358900	0.334000	1.160000	LAF2 C
5	-17.363900	0.480000	1.160000	AIR
6	-4.840300	0.126000	0.750000	F5 C
7	11.093600	0.107000	0.670000	AIR
8	-3.281000	0.315000	0.670000	LAKN12 C
9	7.684700	0.252000	0.750000	SF8 C
10	6.048500	1.147000	0.750000	AIR
AST	0.000000	0.079000	0.415000 A	AIR
12	3.498800	0.083000	0.530000	BASF2 C
13	1.992000	0.030000	0.570000	AIR
14	2.467400	0.153000	0.530000	LAKN12 C
15	-2.434300	0.020000	0.530000	AIR
16	0.855200	0.302000	0.570000	LAKN13 C
17	4.721600	0.062000	0.510000	AIR
18	-10.676900	0.139000	0.510000	SF8 C
19	0.736700	0.326000	0.455000	AIR
20	2.933900	0.236000	0.530000	LAKN13 C
21	-3.366300	1.229000	0.530000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.535707 S	

表 38-3 可變焦距長投影透鏡

第一鏡面到像距為 6.427。

表 38-4 為焦距長對應透鏡移動量。這畫在圖 38-2b 中。注意到後焦長隨著焦距長而增加。在短焦距位置，出射瞳孔位在最後表面左方 1.268 處。如同第 22 章所討論的，這對於 35mm 底片的投影是一個合理的距離。

MTF 資料畫在圖 38-2c 到 e。

EFL	T(5)	BFL	畸變(%)
1.772	0.480	1.229	-4.3
1.969	0.682	1.248	-2.4
2.165	0.862	1.262	-0.8

表 38-4 透鏡移動量

參考文獻

- Angenieux, P. (1958). Variable focal length objective, U.S. Patent 2847907.
 Sato, S. (1988). Zoom lens, U.S. Patent 4792215.