



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I820424 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：110118123

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 06 月 01 日

(51)Int. Cl.：

G02B13/18 (2006.01)**G02B3/02 (2006.01)****G02B9/10 (2006.01)****G02B13/04 (2006.01)****G02B13/06 (2006.01)**

(30)優先權：2017/06/02

美國

62/514,080

(71)申請人：美商貓頭鷹實驗室股份有限公司 (美國) OWL LABS, INC. (US)

美國

(72)發明人：馬基夫 馬克辛 MAKEEV, MAKSIM (US)；史區尼特曼 馬克 史蒂芬
 SCHNITTMAN, MARK STEVEN (US)；賴正益 LAI, CHENG-YI (TW)；李明燐
 LEE, MING-LIN (TW)；周建宏 CHOU, CHIEN-HUNG (TW)；繆瀟宇 MIAO,
 XIAOYU (CN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 101373261B

CN 102338923B

CN 102466860A

US 2003/0107820A1

US 2009/0052059A1

US 2017/0108671A1

US 2017/0146776A1

審查人員：黃彥豪

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：11 共 30 頁

(54)名稱

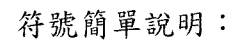
用於周邊視場成像之廣角鏡頭及攝影機系統

(57)摘要

用於成像物件之廣角鏡頭安置為遠離朝向視場之周邊之光學軸。

Wide angle lens for imaging objects disposed away from the optical axis towards the periphery of the field of view.

指定代表圖：



L1 至 L4:光學元件/鏡頭

L6 至 L9:光學元件/鏡頭

S1 至 S10:表面

S11:孔徑光闌/表面

S12 至 S19:表面

S20:影像感測器/表面

【圖 1】



I820424

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】

用於周邊視場成像之廣角鏡頭及攝影機系統

【英文發明名稱】

WIDE ANGLE LENS AND CAMERA SYSTEM FOR PERIPHERAL
FIELD OF VIEW IMAGING

【中文】

用於成像物件之廣角鏡頭安置為遠離朝向視場之周邊之光學軸。

【英文】

Wide angle lens for imaging objects disposed away from the optical
axis towards the periphery of the field of view.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100:廣角鏡頭

L1至L4:光學元件/鏡頭

L6至L9:光學元件/鏡頭

S1至S10:表面

S11:孔徑光闌/表面

S12至S19:表面

S20:影像感測器/表面

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於周邊視場成像之廣角鏡頭及攝影機系統

【英文發明名稱】

WIDE ANGLE LENS AND CAMERA SYSTEM FOR PERIPHERAL
FIELD OF VIEW IMAGING

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於廣角鏡頭，且更特定言之(但非排他地)，本發明係關於經構形以優先成像定位為朝向視場之周邊之物件之鏡頭以及併入此等鏡頭之攝影機系統。

【先前技術】

【0002】 光學成像系統之公理係以下原理：此等系統被設計成期望主要關注之物件將位於成像系統之光學軸上，且因此此等系統之鏡頭必須經設計以提供高品質軸上成像。實際上，吾人通常將接受視場之邊緣處之減少光學效能以有利於增強軸上效能。攝影術、顯微術及天文學全係其中觀察者通常努力定位光學系統使得所關注之至少一物件集中安置於光學軸上之視場中之場之實例。

【0003】 相比而言，申請人已設想其中所關注之所有物件將安置為遠離朝向視場之周邊之光學軸之應用。因此，申請人已認識到最佳化軸上效能之既有鏡頭部分歸因於不需要的軸上效能之最佳化而未非常適合於周邊視場成像。因此，最先進之技術之一進展係提供經最佳化以成像位於視場之周邊而非軸上處之物件之廣角鏡頭。

【發明內容】

【0004】 根據本發明之態樣之一者，本發明可提供一種廣角鏡頭，其用於成像安置於視場之所關注之一周邊區域中之物件。依次沿自物件至影像空間之一光學軸，根據本發明之一例示性廣角鏡頭可包含一第一群組之鏡頭元件、一孔徑光闌及一第二群組之鏡頭元件。所關注之區域可為延伸於自該光學軸之至少30度之一第一角度至自該光學軸之至少75度之一第二角度之間之一環形圓錐體，其中該第一及第二鏡頭群組經構形以成像安置於所關注之區域內之物件。該廣角鏡頭可具有在 $R=1.67:1$ 至 $2.5:1$ 之範圍內之該第一角度與該第二角度之一比率。特定言之，該第一角度可為50度而該第二角度可為100度。鏡頭可經構形及構造使得該物件空間中之該第二角度之一光線與自該光學軸之一距離 H 處之鏡頭影像平面相交而該物件空間中之該第一角度之一光線與自該光學軸之一距離 h 處之鏡頭影像平面相交使得 $H/h > R$ 或較佳地 $H/h \geq 1.1 \times R$ 或更佳地 $H/h \geq 1.5 \times R$ 。所關注之區域中之視場至影像平面之角映射可實質上係線性的。

【0005】 該第一及第二群組之鏡頭元件可經構形以藉由在所關注之區域中具有特定效能度量而成像安置於所關注之區域內之物件。例如，該第一及第二群組之鏡頭元件可協作以提供：一軸上縱向球面像差軸，其大於所關注之區域內各處之該縱向球面像差；所關注之區域內各處之一縱向球面像差，其小於該軸上縱向球面像差之一半；軸上切向光線之一場曲率，其大於所關注之區域內各處之切向光線之場曲率；及/或所關注之區域內各處之切向光線之一場曲率，其小於軸上切向光線之該場曲率之四分之一。

【0006】 此外，該第一及第二群組之鏡頭元件可協作以提供：所關注之區域中之矢狀光線之 187 lp/mm 下至少55%之一調變轉移函數；所關

注之區域中之矢狀光線之93 lp/mm下至少76%之一調變轉移函數；所關注之區域中之切向光線之187 lp/mm下至少36%之一調變轉移函數；所關注之區域中之切向光線之93 lp/mm下至少65%之一調變轉移函數。亦應注意，可在不使用非球面表面之情況下最佳化根據本發明之例示性廣角鏡頭；該第一及第二群組之鏡頭元件可全部具有球面表面。該第一群組之鏡頭元件可由四個或五個鏡頭組成，而該第二群組之鏡頭元件可由四個鏡頭組成。有效焦距可為1 mm或更小，其中光圈數(f-number)係2.4或更小。

【0007】 在本發明之態樣之另一者中，本發明可提供一種廣角鏡頭，其具有跨越該光學軸之大於150度之一角視場FOV及跨越該光學軸之一中心半視場 $FOV_{1/2}$ 。中心半視場之角範圍 $FOV_{1/2}$ 對視場之角範圍FOV之比率可為 $FOV/FOV_{1/2} = 2$ ，其中鏡頭經構造及配置使得視場之一像圈之影像平面處之一直徑(D_1)對中心半視場之一像圈之直徑($D_{1/2}$)之一比率係 $D_1 / D_{1/2} > 2$ 。 $D_1 / D_{1/2}$ 之比率 ≥ 2.2 ，或較佳地 $D_1 / D_{1/2} \geq 2.5$ ，或更佳地 $D_1 / D_{1/2} \geq 3$ 。鏡頭可包括安置於 $FOV_{1/2}$ 與FOV之間的所關注之一區域，其中所關注之該區域中之視場至該影像平面上之角映射實質上係線性的。另外，本發明可提供一種包括本發明之廣角鏡頭之攝影機系統。

【圖式簡單說明】

【0008】 可在結合附圖閱讀時進一步理解本發明之例示性實施例之前述彙總及以下詳細描述，其中：

【0009】 圖1示意性地繪示根據本發明之一例示八元件鏡頭；

【0010】 圖2A至圖2C分別繪示圖1之鏡頭之經計算之縱向球面像差、場曲率及平場(f-theta)畸變；

【0011】 圖3示意性地繪示根據本發明之一例示性九元件鏡頭；

【0012】 圖4A至圖4C分別繪示圖3之鏡頭之經計算之縱向球面像差、場曲率及平場畸變；

【0013】 圖5繪示圖3之鏡頭之經計算之調變轉移函數對場；

【0014】 圖6繪示圖3之鏡頭之經計算之多色繞射調變轉移函數對空間頻率；

【0015】 圖7繪示圖3之鏡頭之經計算之點狀圖；

【0016】 圖8繪示圖3之鏡頭之經計算之透過焦點之多色繞射調變轉移函數對焦點移位；

【0017】 圖9繪示圖3之鏡頭之經計算之影像平面之相對照明對場；

【0018】 圖10繪示圖3之鏡頭之經計算之鏡頭主光線角對場連同一例示性影像感測器(偵測器)之目標主光線角；及

【0019】 圖11繪示所設計及製造之圖3之鏡頭之場高度對視場。

【實施方式】

【0020】 現參考圖式，其中相同元件之編號相同，圖1及圖3示意性地繪示根據本發明之最佳化朝向視場之外半部之效能之例示性廣角鏡頭100、200之構形。鏡頭100、200可具有 210° (光學軸之任一側上 $\pm 105^\circ$)之一廣泛視場，且可最佳化視場之所關注之一區域內之光學效能。具體而言，由於成像物件之目標安置於視場之周邊，因此所關注之區域可包括自光學軸之 50° 開始且自光學軸延伸至 100° 之一環形圓錐體。所關注之區域外部之光學效能(例如 0° 與 50° 視場之間的一圓錐體)可放寬且具有不如所關注之區域中發現之光學效能之光學效能。例如，鏡頭100、200之球面像差可相較於 50° 及以下而適當地校正為 50° 及以上。另外，藉由放寬所關注之區域外部之光學效能之要求，申請人已能夠達成其中所有光學表面係

球面之設計以避免與非球面表面相關聯之製造複雜性及成本。

【0021】轉至圖1之鏡頭100之構形，更特定言之，鏡頭100可包含安置於一孔徑光闌S11之物件側上之四個光學元件L1至L4之一第一群組且可包含具有表1中所展示之第一階設計性質之安置於光闌S11之影像側上之四個光學元件L6至L9之一第二群組。最前面兩個鏡頭L1、L2係具有凸出至物件側之表面之彎月型鏡頭，且引入負功率以減少待更平行於光學軸之進入光線角度。圖1之鏡頭100之鏡頭L4可視情況由兩個鏡頭元件L4a、L5取代，其中所有其他鏡頭L1至L3及L6至L9保持不變，如表2及圖3中所展示。表1、表2之所提供之光學玻璃係指來自美國紐約(NY)艾姆斯弗德(Elmsford)肖特(Schott)北美分公司之玻璃且Nd係指587.6 nm之一波長。表1、表2中之環烯共聚物「COC」可為APEL™ Cyclo烯烴共聚物 APL5014CL (日本東京三井化學公司(Mitsui Chemicals))。如圖1所示，第一群組之鏡頭(L1、L2、L3、L4)各具有一凸面(S1、S3、S5、S8)及一凹面(S2、S4、S6、S7)。

表面	R(mm)	d(mm)	Nd	Vd	備註	材料
S1	29.2909	2.3865	1.806	41.00	L1	N-LASF43
S2	12.2744	5.1328				
S3	16.1766	1.6535	1.804	46.6	L2	N-LASF44
S4	6.7924	5.1229				
S5	82.6538	1.2012	1.64	60.2	L3	N-LAK21
S6	6.2407	4.1457				
S7	-6.7625	15.1741	1.544	56.00	L4	COC
S8	-6.0836	10.2985				
S11	無限大	0.2611			光闌	
S12	4.4027	1.6888	1.589	61.3	L6	P-SK58A
S13	-3.8501	0.7362				
S14	-2.6508	0.3804	1.642	22.5	L7	PC
S15	4.0385	0.2402				
S16	6.1489	1.5593	1.544	56.00	L8	COC
S17	-3.6755	0.7822				
S18	-37.2014	1.1781	1.544	56.00	L9	COC
S19	-3.3096	0.9428				
S20	無限大	-			影像	

表1 八元件設計

表面	R(mm)	d(mm)	Nd	Vd	備註	材料
S1	29.2909	2.3865	1.806	41.00	L1	N-LASF43
S2	12.2744	5.1328				
S3	16.1766	1.6535	1.804	46.6	L2	N-LASF44
S4	6.7924	5.1229				
S5	82.6538	1.2012	1.64	60.2	L3	N-LAK21
S6	6.2407	4.2648				
S7	-5.5241	7.4709	1.544	56.00	L4a	COC
S8	-8.6995	0.3750				
S9	-12.5165	6.3058	1.544	56.00	L5	COC
S10	-6.2516	9.8205				
S11	無限大	0.2426			光闌	
S12	4.4027	1.6888	1.589	61.3	L6	P-SK58A
S13	-3.8501	0.7362				
S14	-2.6508	0.3804	1.642	22.5	L7	PC
S15	4.0385	0.2402				
S16	6.1489	1.5593	1.544	56.00	L8	COC
S17	-3.6755	0.7822				
S18	-37.2014	1.1781	1.544	56.00	L9	COC
S19	-3.3096	0.9428				
S20	無限大	-			影像	

表2 九元件設計

【0022】就光學效能而言，由於根據本發明之設計聚焦於包括延伸至視場之邊緣之一環形圓錐體之所關注之一區域中之效能，可減少光學軸附近之效能。例如，就古典定義之像差而言，如圖2A、圖4A中所繪示，縱向球面像差可在所關注之區域中良好地校正為介於50°與100°之間，而可容許40 μm之一相對較大軸上球面像差。特定言之，縱向球面像差亦可在所關注之區域中良好地校正，使得所關注之區域中之值可小於存在於軸上之值之四分之一。類似地，場曲率(尤其係切向光線之場曲率)可在所關注之區域中最小化同時在軸上相對較大(圖2B、圖4B)。如同球面像差，所關注之區域中之切向光線之場曲率可小於存在於軸上之場曲率之四分之一。儘管不意欲被任何特定理論約束，但據信可藉由經由鏡頭200之鏡頭元件L5及經由鏡頭元件L7、L8引入補償較高階場曲率而校正第三階場曲率。不同於縱向球面像差及場曲率，平場畸變可在無需校正之情況下隨場

高度增加，但可約束於小於全場之34% (圖2C、圖4C)。

【0023】 指定調變轉移函數(MTF)而非第三階像差，表3中提供可相對於待用於影像平面處之偵測器選擇之所關注之區域中之MTF之例示性目標值。具體而言，偵測器之像素之大小及間隔可建立MTF設計目標之奈奎斯(Nyquist)頻率。例如，在具有 $1.34\ \mu\text{m} \times 1.34\ \mu\text{m}$ 之一像素大小之一例示性偵測器(OV16825 16百萬像素CameraChip™感測器，OmniVision Technologies, Inc., Santa Clara, California, USA)之情況中，奈奎斯頻率之四分之一將對應於93 lp/mm，且奈奎斯頻率之二分之一將對應於187 lp/mm。圖5、圖6及圖8以及表4中繪示相對於MTF之圖3之鏡頭200之設計之經計算之效能。圖3之鏡頭200之設計之效能依據點狀圖，如圖7中所繪示。另外，圖9中以相對照明來繪示適當照明影像平面處之偵測器之能力，其繪示80%之相對照明維持至 105° 。此結果與如圖10中所繪示之主光線角度之適當控制一致，其展示鏡頭主光線角度可在場之60%內維持自目標偵測器主光線角度 $\pm 2^\circ$ 。

【0024】 另外，根據本發明之設計(包含鏡頭200之設計)可試圖依在所關注之區域中係線性(例如自光學軸之 50° 處開始且延伸至自光學軸之 100° 之環形圓錐體)且最大化視場之所關注之區域映射於其上之影像感測器S20上之像素之數目之一方式最佳化將角視場映射於偵測器上。特定言之，圖11繪示所關注之區域上之視場實質上線性地映射於影像感測器S20處之場上，其中就影像偵測器上之 $H/h = 2.375$ 之一比率而言， 50° 視場映射於 $h=0.4$ 相對場高度且 100° 映射至 $H=0.95$ 相對場高度。覆蓋於影像感測器上之像素之數目亦可在此區域中最佳化，其中大致970個像素安置於上文所提及之例示性感測器模型OV16825之 50° 與 100° 之間的視場內，其中

沿沿影像感測器之像素之 $1.34\text{ }\mu\text{m}\times 1.34\text{ }\mu\text{m}$ 格網組織於其上之兩個正交方向之一者取得之一線計數像素之數目。就此像素大小而言，970個像素對應於 1.3 mm ($970\times 1.34\text{ }\mu\text{m}$)。因此， 50° 與 100° 之間的環形視場映射於沿感測器格網之兩個正交軸之一者取得之大約 1.3 mm 之一線性距離。

【0025】 更一般而言指定，所關注之區域可延伸於自物件空間中之光學軸之一第一角度與一第二角度之間，其中第二角度與第一角度之比率係 R 且可在 $R=1.67:1$ 至 $2.5:1$ 之範圍內。鏡頭可經構形及構造使得物件空間中之第二角度之一光線與自光學軸之一距離 H 處之鏡頭影像平面相交且物件空間中之第一角度之一光線與自光學軸之一距離 h 處之鏡頭影像平面相交使得 $H/h > R$ ，或較佳地 $H/h \geq 1.1\times R$ ，或更佳地 $H/h \geq 1.5\times R$ 。

【0026】 可相對於全視場FOV及半視場 $FOV_{1/2}$ 提供指定所關注之區域至影像平面上之角映射之另一度量，即 $FOV/FOV_{1/2} = 2$ 。鏡頭經構造及配置使得全視場之一像圈之影像平面處之一直徑(D_1)對中心半視場之一像圈之直徑($D_{1/2}$)之一比率係 $D_1 / D_{1/2} > 2$ 。另外， $D_1 / D_{1/2} \geq 2.2$ ，或較佳地 $D_1 / D_{1/2} \geq 2.5$ ，或更佳地 $D_1 / D_{1/2} \geq 3$ 。例如，影像感測器之像素感測器元件之75%或以上可安置於對應於 50° 與 100° 之間的環形視場之影像區域中。再次，所關注之區域中之視場至影像平面上之角映射可係實質上線性的。

FOV (deg)	95 lp/mm下之MTF	190 lp/mm下之MTF
50	0.8	0.6
60	0.8	0.6
70	0.75	0.55
80	0.7	0.5
90	0.6	0.4
100	0.5	0.3

表3 MTF設計目標值

項目		規範		備註
影像感測器解析度		4608 * 3456		(1/2.3英寸)
影像感測器像素大小		1.34 μm * 1.34 μm		
有效焦距		0.93 mm		
光圈數		2.4		
物件距離		10 cm至無限大		
視角	水平	-		影像高度= 3.087 mm
	垂直	210 deg.		影像高度= 2.271mm
	對角線	-		影像高度= 3.859 mm
解析度 (MTF)	50 deg	44.9%(T)	59.5%(S)	187 lp/mm下 (1/2奈奎斯 頻率)
	60 deg	40.8%(T)	58.6%(S)	
	70 deg	39.5%(T)	56.8%(S)	
	80 deg	39.3%(T)	56.7%(S)	
	90 deg	37.4%(T)	57.9%(S)	
	100 deg	36.9%(T)	55.4%(S)	
	50 deg	73.1%(T)	78.9%(S)	93 lp/mm下 (1/4奈奎斯 頻率)
	60 deg	70%(T)	78.1%(S)	
	70 deg	68.3%(T)	77.1%(S)	
	80 deg	67.8%(T)	77.2%(S)	
	90 deg	67.2%(T)	77.9%(S)	
	100 deg	64.8%(T)	75.9%(S)	
平場畸變		33%		
相對照明		82 %		依全影像高度
感測器上之CRA		< 4.44 deg.		
總軌道長度		54.07 mm		
光學長度		54.07 mm		
最大像圈		4.6 mm		

表4 九元件設計結果

鏡頭主光線角度(CRA)		
影像高度(mm)	場	CRA (deg.)
0.000	0	0.00
0.389	0.1	0.14
0.778	0.2	0.97
1.167	0.3	2.40
1.556	0.4	3.60
1.945	0.5	4.05
2.271	0.6	4.44

表5

感測器光線角度(CRA)		
影像高度(mm)	場	CRA (deg.)
0.000	0	0.00
0.389	0.1	0.69
0.778	0.2	1.43
1.167	0.3	2.27
1.556	0.4	3.20
1.945	0.5	4.22
2.334	0.6	5.27

表6

鏡頭		影像感測器	
210 deg FOV		OV16825(1/2.3")	
		4608 X 3456, 1.34μm	
FOV (度)	實際高度	場	像素
0	0	0	0
10	0.163	0.070	122
20	0.333	0.144	248
30	0.515	0.222	384
40	0.712	0.307	531
50	0.925	0.400	690
60	1.154	0.498	861
70	1.393	0.602	1040
80	1.640	0.708	1224
90	1.894	0.818	1413
100	2.143	0.926	1599
105	2.271	0.981	1694

表7

【0027】 熟習技術者將自前述說明書明白本發明之此等及其他優點。因此，熟習技術者應認識到可在不背離本發明之廣泛發明概念之情況下對上述實施例進行改變或修改。因此，應理解本發明不受限於本文所描述之特定實施例，但意欲包含如申請專利範圍中所闡述之本發明之範疇及精神內之所有改變及修改。此外，過渡術語「包括」及「由…組成」在隨附申請專利範圍中使用時界定相對於未列舉之額外請求項元件或步驟(若存在)自申請專利範圍之範疇排除之請求項範疇。術語「包括」意欲係包

含的或開放式且不排除任何額外未列舉之元件或材料。術語「由…組成」排除除如申請專利範圍中所指定之與此連接之元件或材料之外之任何元件或材料。

【符號說明】

【0028】

100:廣角鏡頭

200:廣角鏡頭

L1至L4:光學元件/鏡頭

L4a:鏡頭元件

L5:鏡頭元件

L6至L9:光學元件/鏡頭

S1至S10:表面

S11:孔徑光闌/表面

S12至S19:表面

S20:影像感測器/表面

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種廣角鏡頭，其用於成像安置於視場之所關注之一區域中之物件，依次沿自物件至影像空間之一光學軸，該廣角鏡頭包括：一第一群組之鏡頭元件及一第二群組之鏡頭元件，其中所關注之該區域係延伸於自該光學軸之至少30度之一第一角度至自該光學軸之至少75度之一第二角度之間之一環形圓錐體，且其中該第一及第二鏡頭群組經構形以成像安置於所關注之該區域內之物件，其中該第一群組之鏡頭元件各具有一凸面及一凹面，

其中該第一角度係50度而該第二角度係100度。

【請求項2】

如請求項1之廣角鏡頭，其中該第二角度係該第一角度之至少兩倍。

【請求項3】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第二角度與該第一角度之比率 R 在 $R=1.67:1$ 至 $2.5:1$ 之範圍內。

【請求項4】

如請求項3之廣角鏡頭，其中該鏡頭經構形及構造使得物件空間中之該第二角度之一光線與自該光學軸之一距離 H 處之鏡頭影像平面相交而該物件空間中之該第一角度之一光線與自該光學軸之一距離 h 處之該鏡頭影像平面相交使得 $H/h > R$ 。

【請求項5】

如請求項3之廣角鏡頭，其中該鏡頭經構形及構造使得物件空間中之該第二角度之一光線與自該光學軸之一距離 H 處之鏡頭影像平面相交而該

物件空間中之該第一角度之一光線與自該光學軸之一距離 h 處之該鏡頭影像平面相交使得 $H/h \geq 1.1 \times R$ 。

【請求項6】

如請求項3之廣角鏡頭，其中該鏡頭經構形及構造使得物件空間中之該第二角度之一光線與自該光學軸之一距離 H 處之鏡頭影像平面相交而該物件空間中之該第一角度之一光線與自該光學軸之一距離 h 處之該鏡頭影像平面相交使得 $H/h \geq 1.5 \times R$ 。

【請求項7】

如請求項3之廣角鏡頭，其中 $R=2$ 。

【請求項8】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件經構形以藉由使一軸上縱向球面像差大於所關注之該區域中之該縱向球面像差而成像安置於所關注之該區域內各處之物件。

【請求項9】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件經構形以藉由使所關注之該區域中各處之一縱向球面像差小於該軸上縱向球面像差之一半而成像安置於所關注之該區域內之物件。

【請求項10】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件經構形以藉由使軸上切向光線之一場曲率大於所關注之該區域中各處之切向光線之該場曲率而成像安置於所關注之該區域內之物件。

【請求項11】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件經構

形以藉由使所關注之該區域中各處之切向光線之一場曲率小於軸上切向光線之該場曲率之四分之一而成像安置於所關注之該區域內之物件。

【請求項12】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件經構形以藉由具有所關注之該區域中之矢狀光線之187 lp/mm下至少55%之一調變轉移函數而成像安置於所關注之該區域內之物件。

【請求項13】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件經構形以藉由具有所關注之該區域中之矢狀光線之93 lp/mm下至少76%之一調變轉移函數而成像安置於所關注之該區域內之物件。

【請求項14】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件經構形以藉由具有所關注之該區域中之切向光線之187 lp/mm下至少36%之一調變轉移函數而成像安置於所關注之該區域內之物件。

【請求項15】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件經構形以藉由具有所關注之該區域中之切向光線之93 lp/mm下至少65%之一調變轉移函數而成像安置於所關注之該區域內之物件。

【請求項16】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一及第二群組之鏡頭元件全部具有球面表面。

【請求項17】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第一群組之鏡頭元件由四個或五

個鏡頭組成。

【請求項18】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第二群組之鏡頭元件由四個鏡頭組成。

【請求項19】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中有效焦距係1 mm或更小。

【請求項20】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中光圈數係2.4或更小。

【請求項21】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中平場畸變係全場處之34%或更小。

【請求項22】

如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該廣角鏡頭之影像平面處之主光線角度小於自該影像平面處之表面之一法線4.5度。

【請求項23】

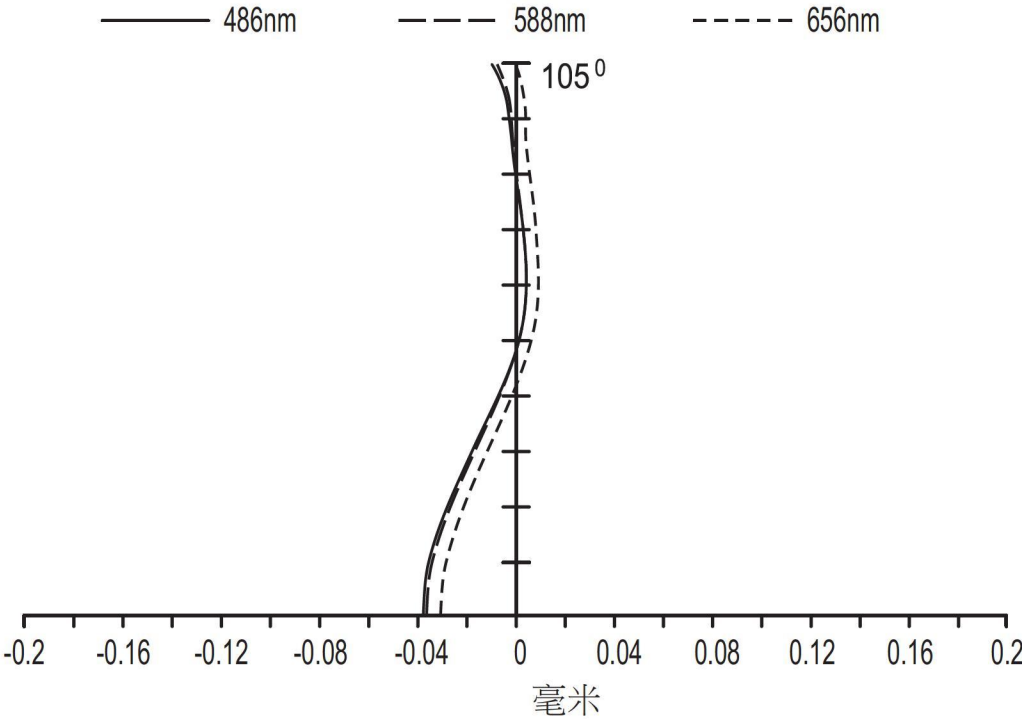
如請求項1或2之廣角鏡頭，其中後焦距係1 mm或更小。

【請求項24】

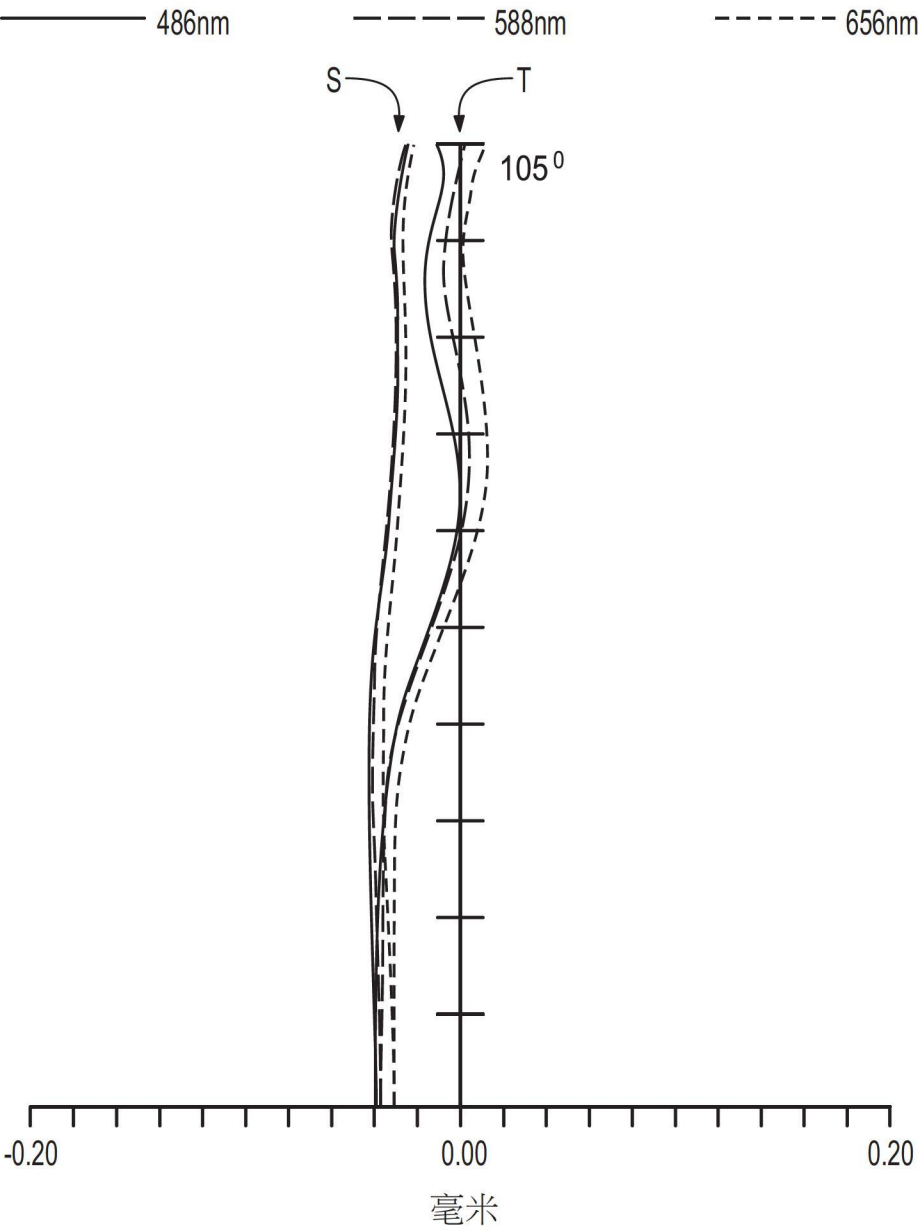
如請求項1或2之廣角鏡頭，其中該第二群組之元件之一鏡頭元件促成第三階場曲率之校正。

【請求項25】

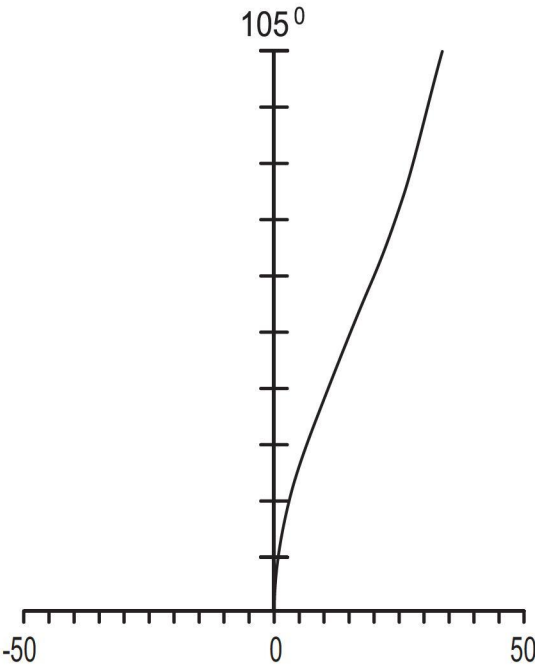
如請求項1或2之廣角鏡頭，其中所關注之該區域中之視場至該影像平面上之角映射實質上係線性的。



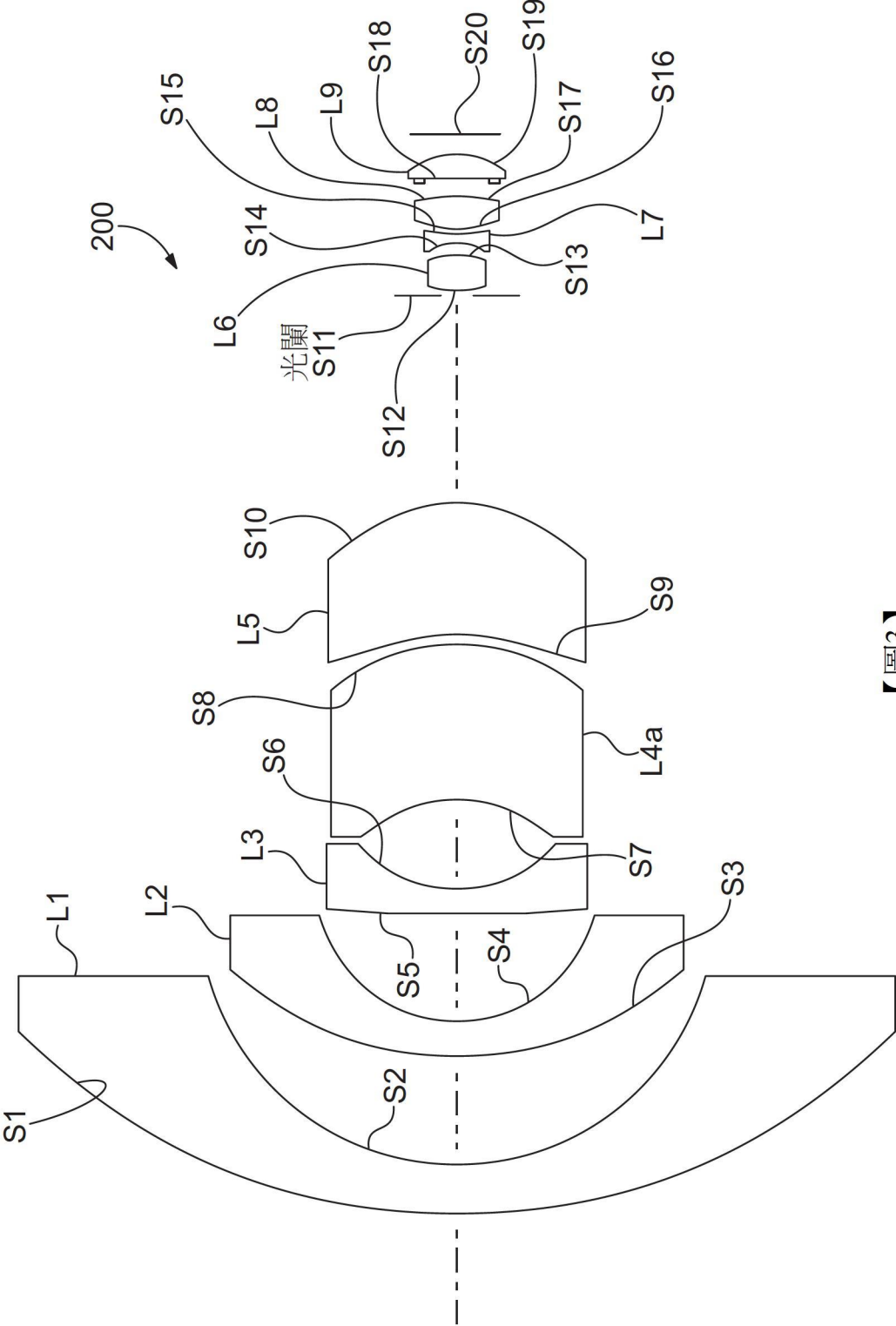
【圖2A】



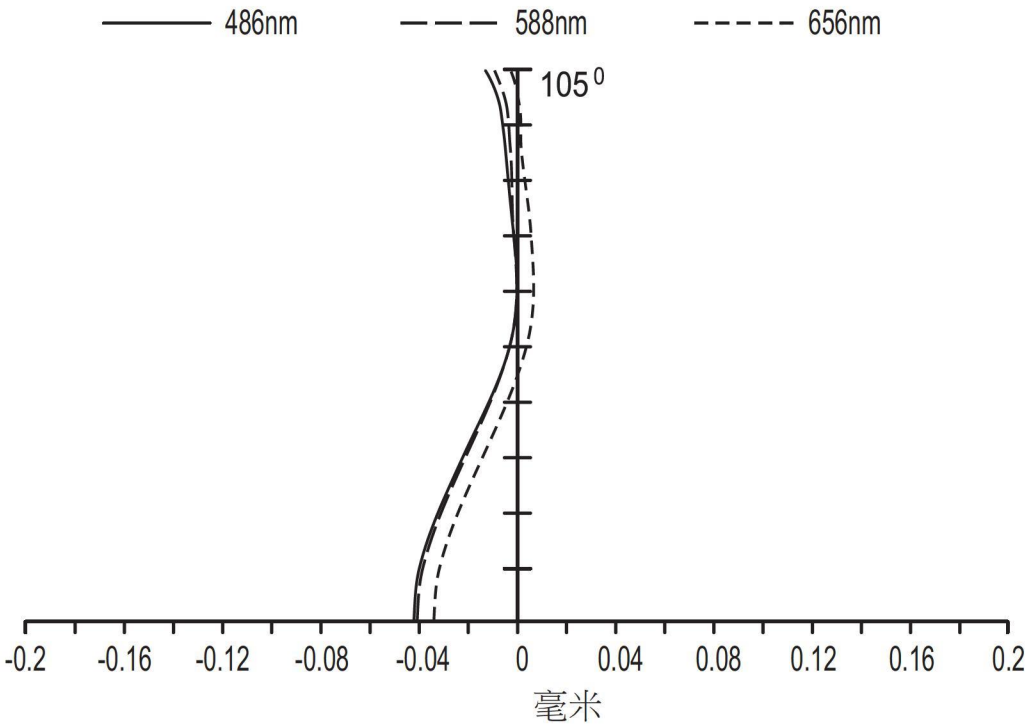
【圖2B】



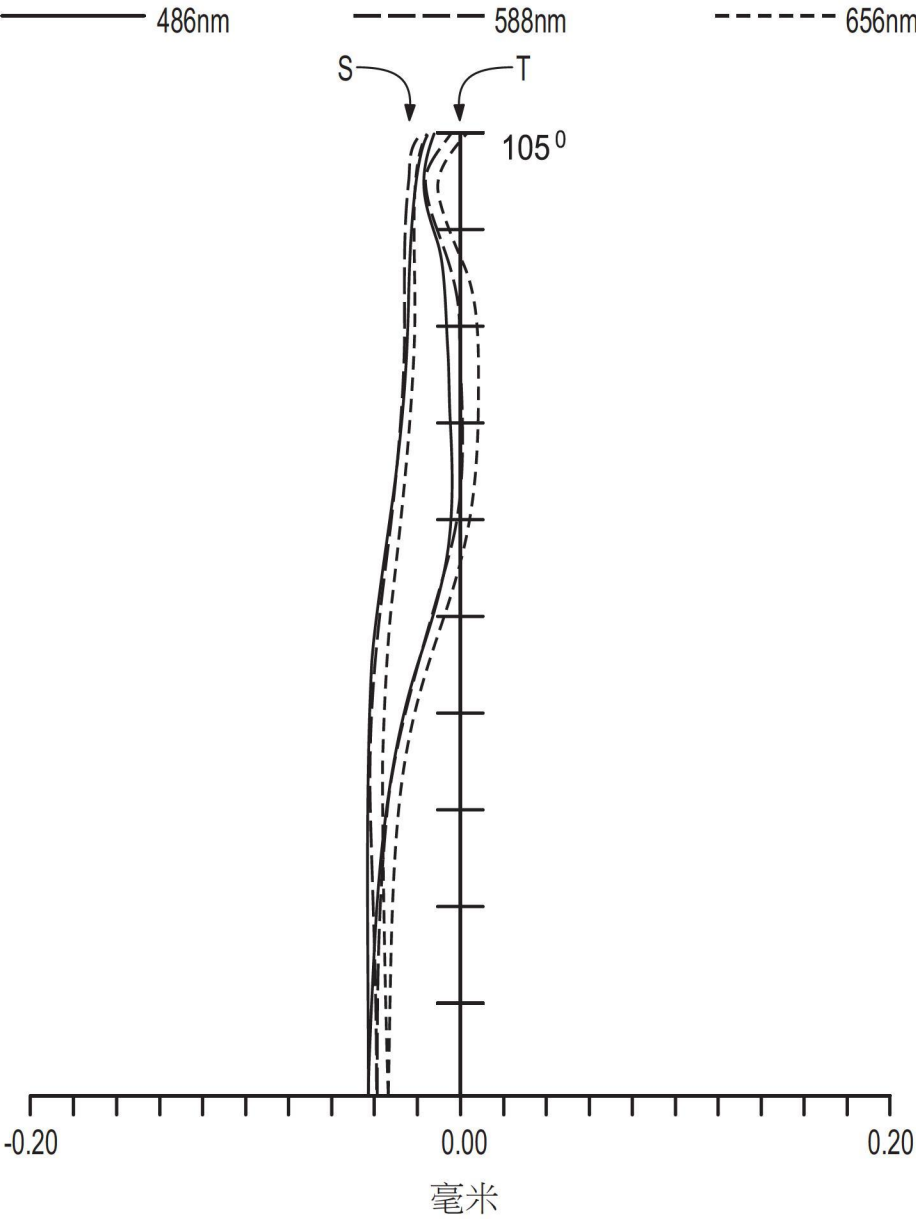
百分比
【圖2C】



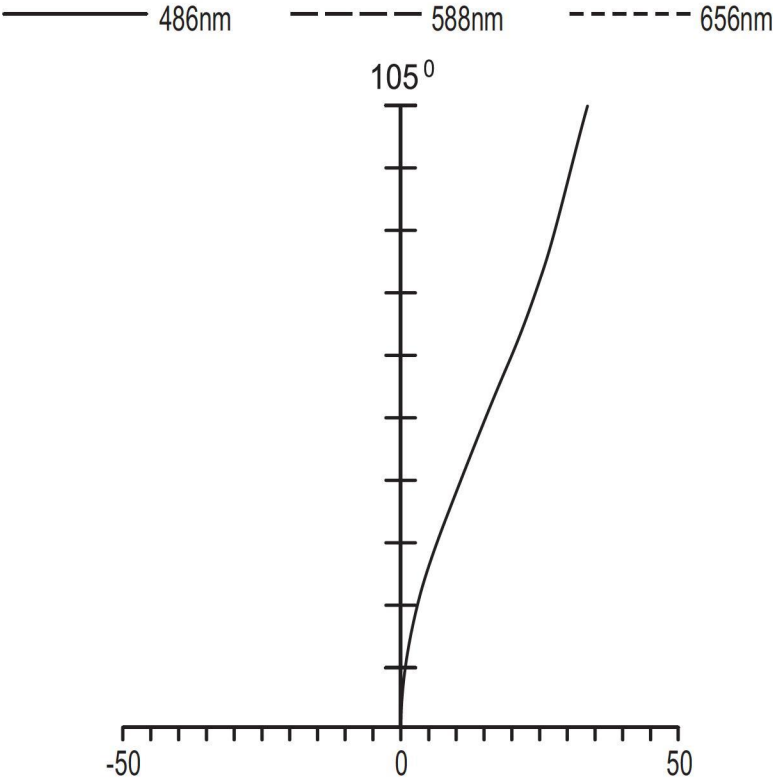
【圖3】



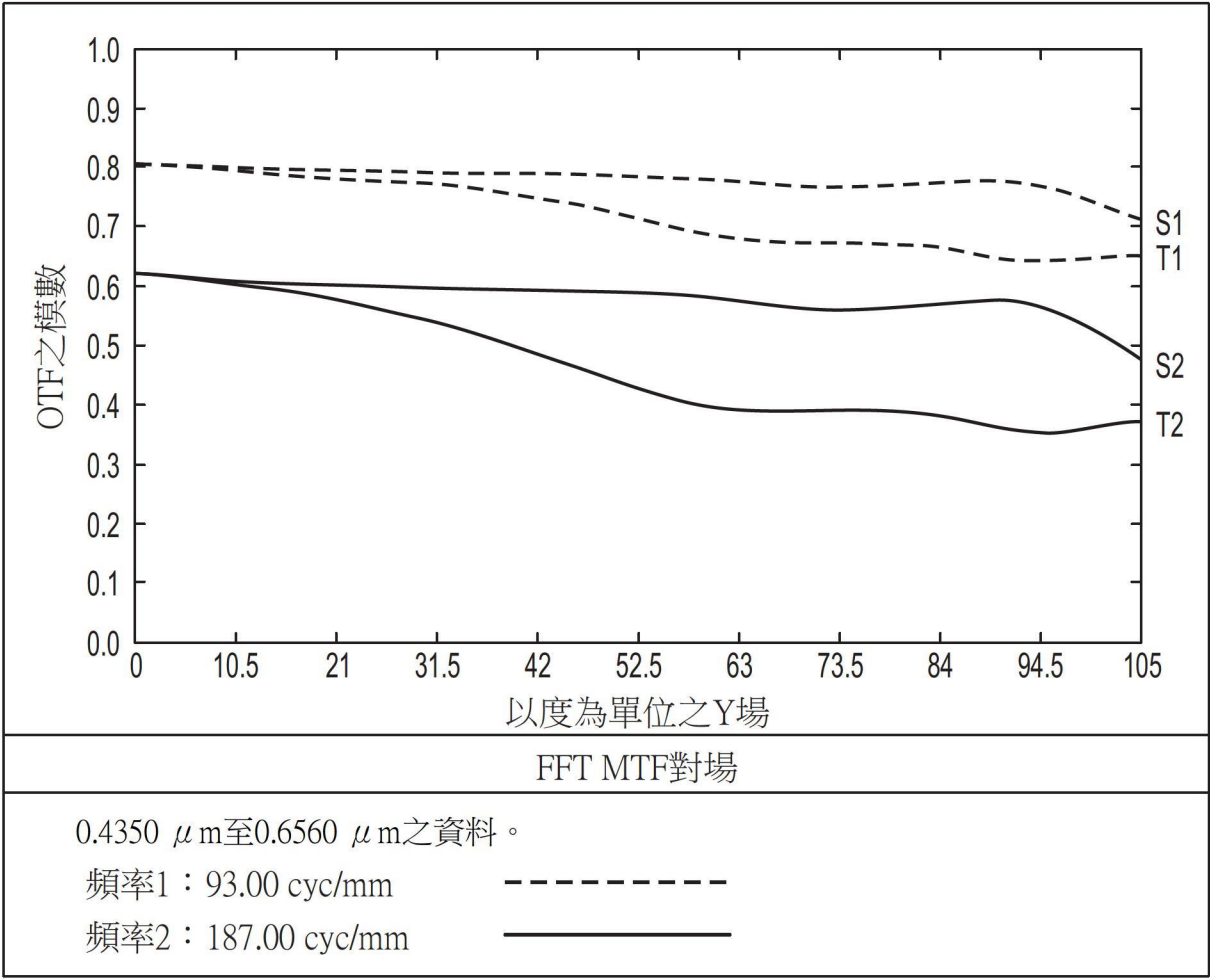
【圖4A】



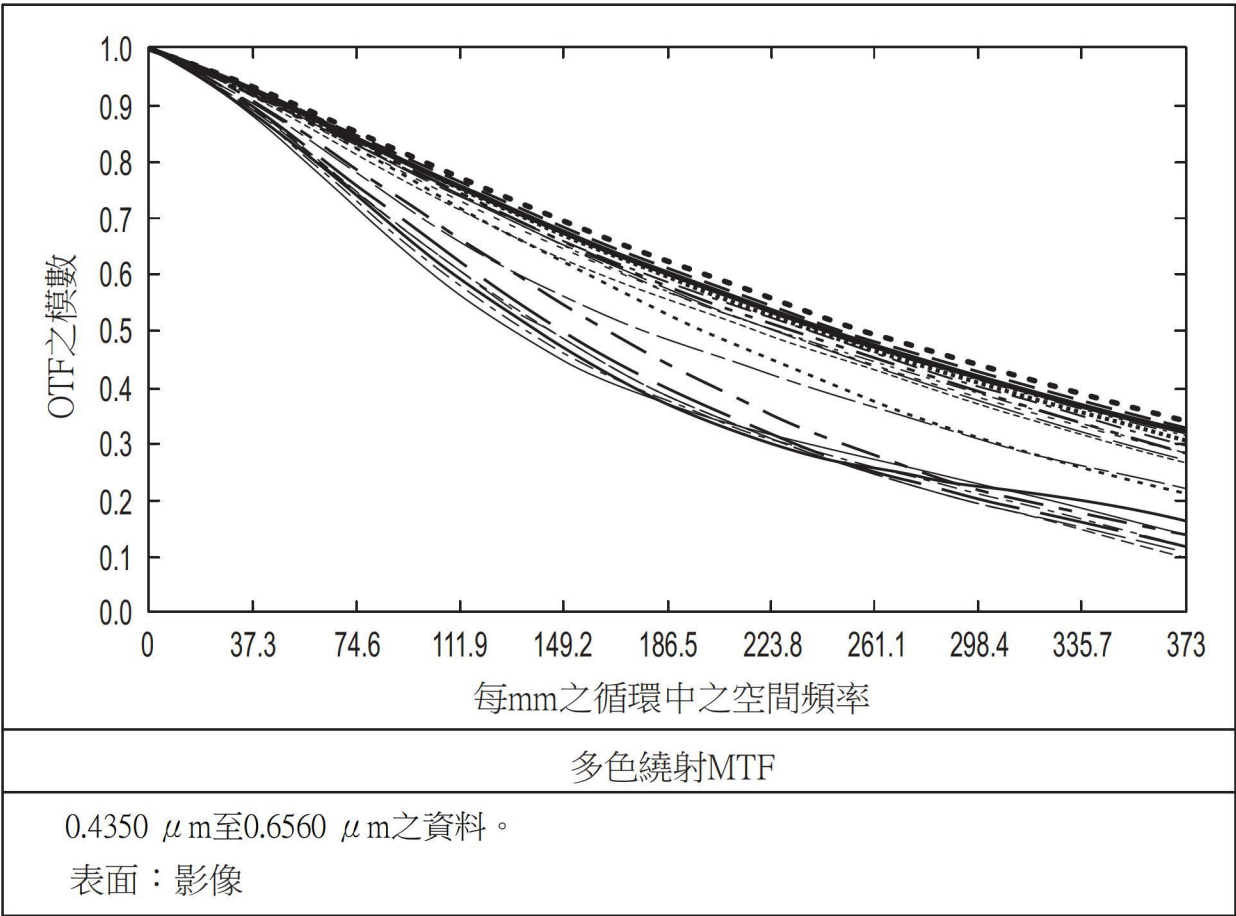
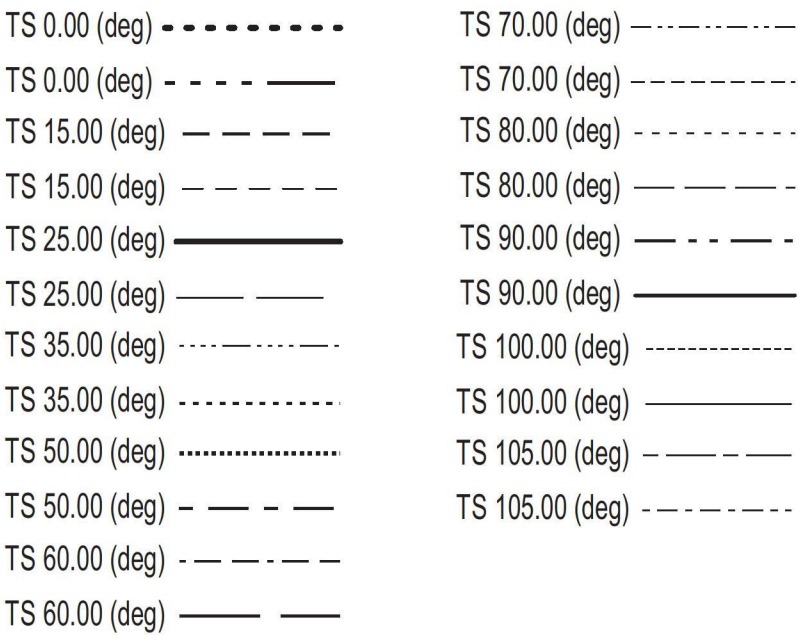
【圖4B】



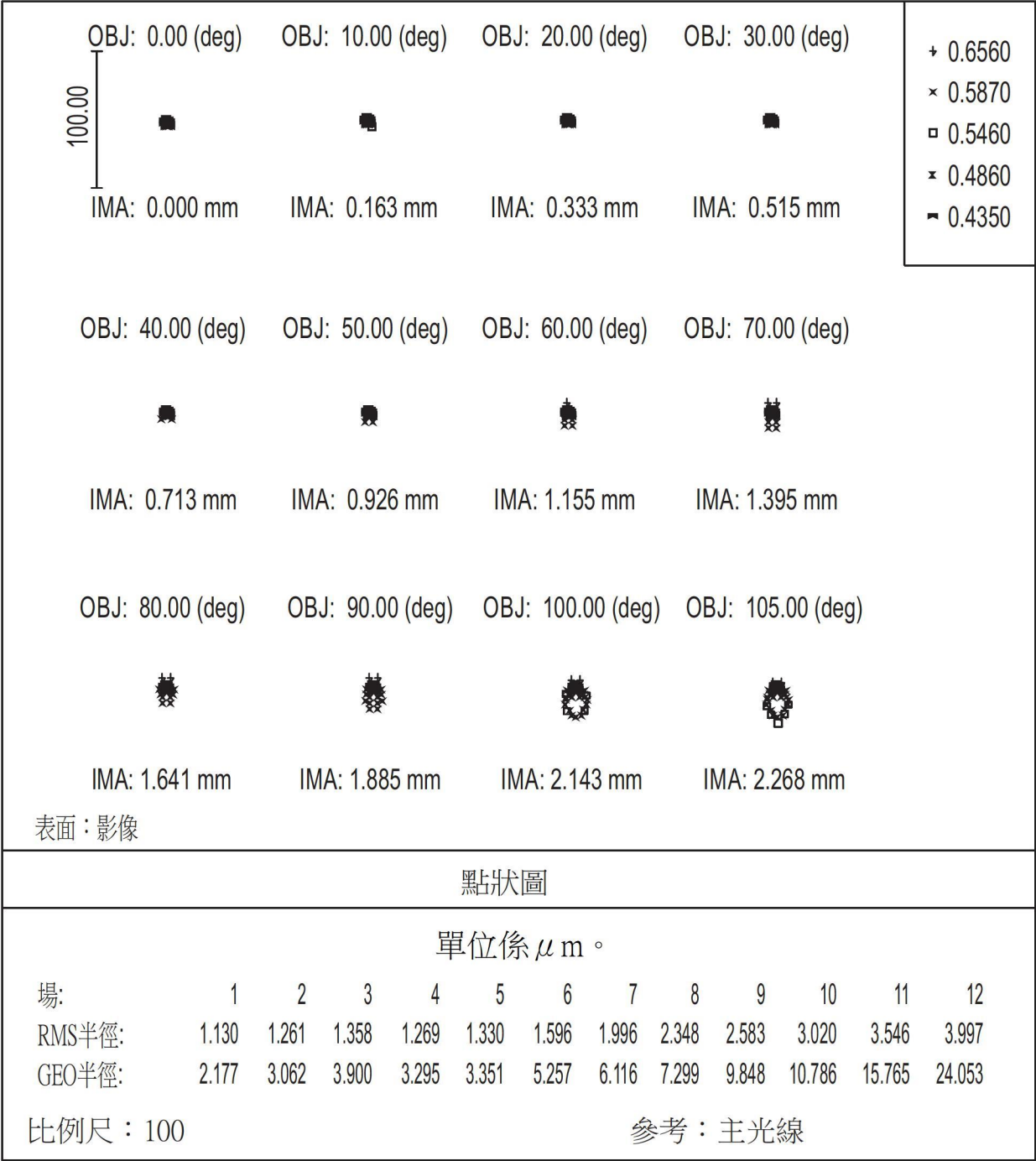
百分比
【圖4C】



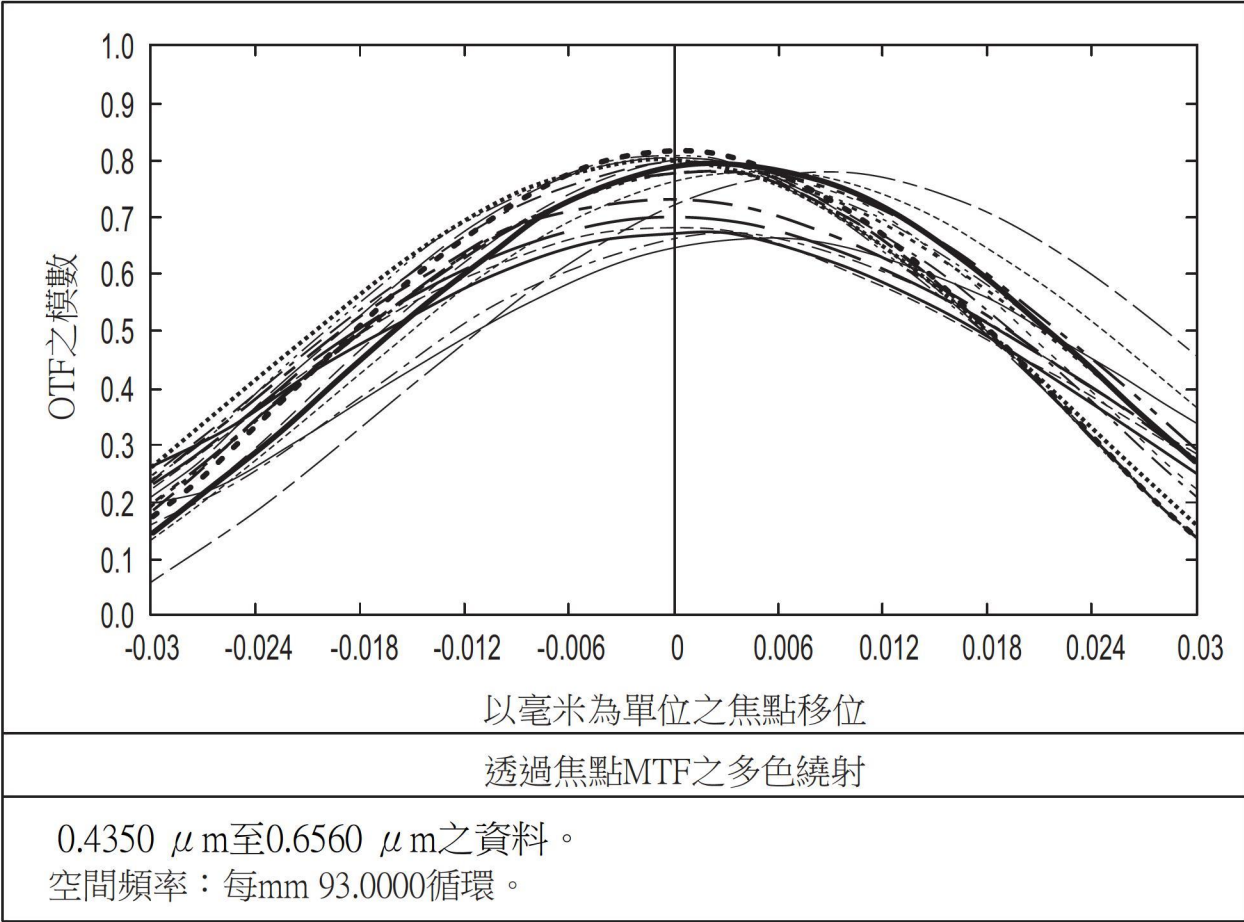
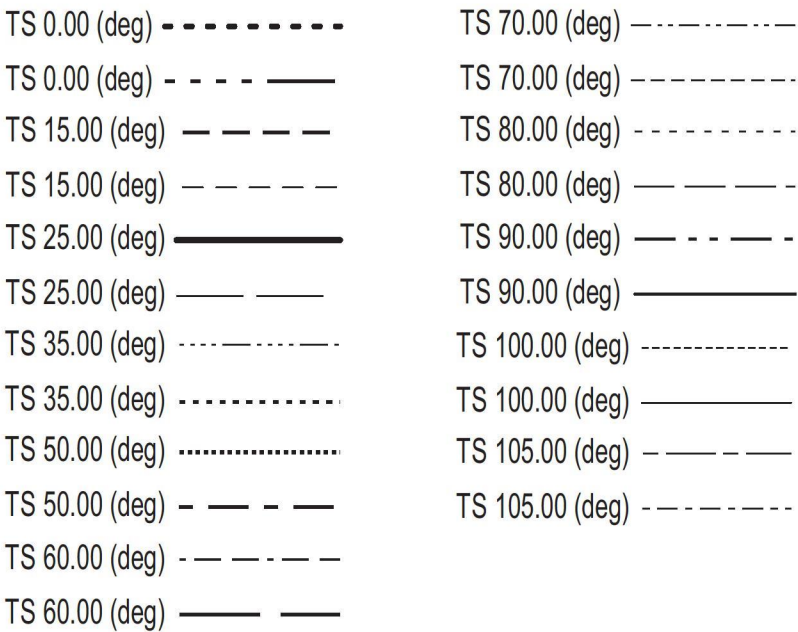
【圖5】



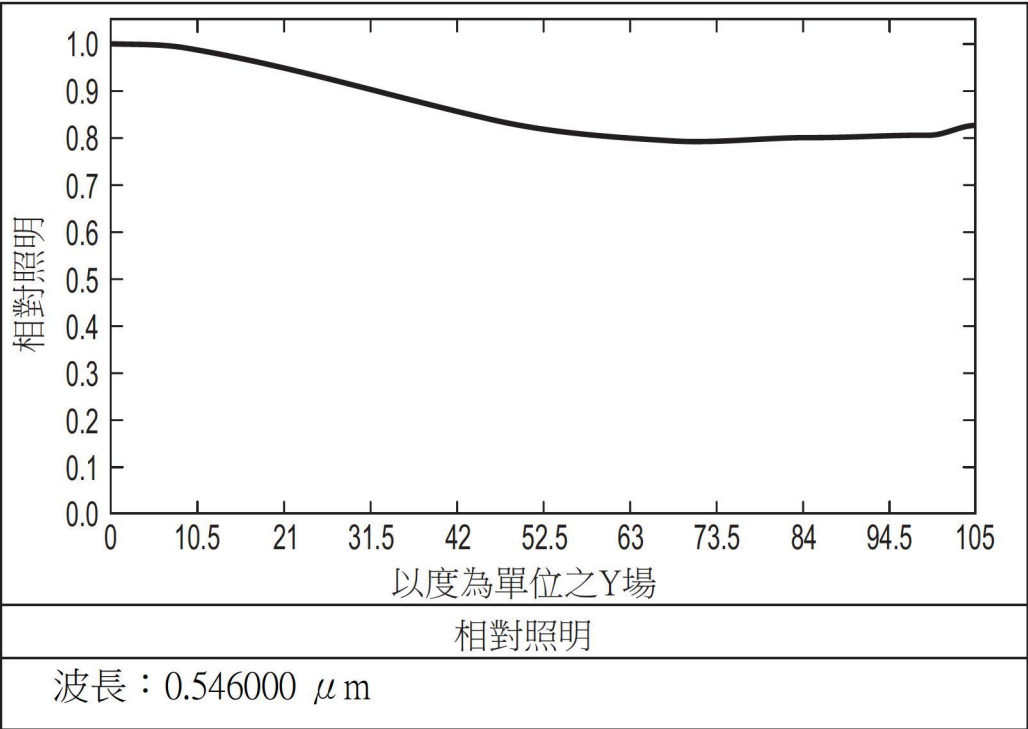
【圖6】



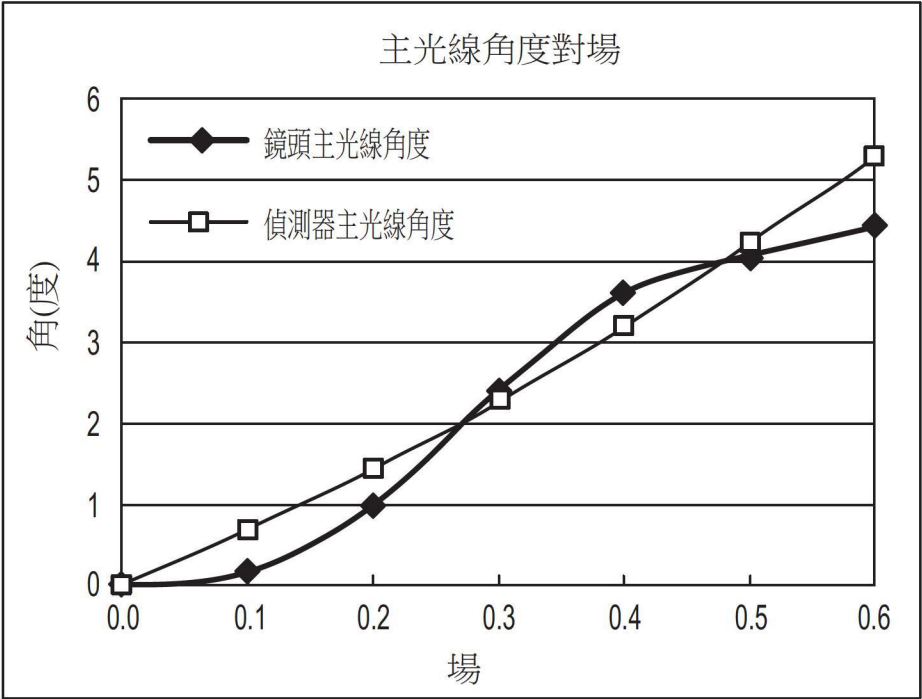
【圖7】



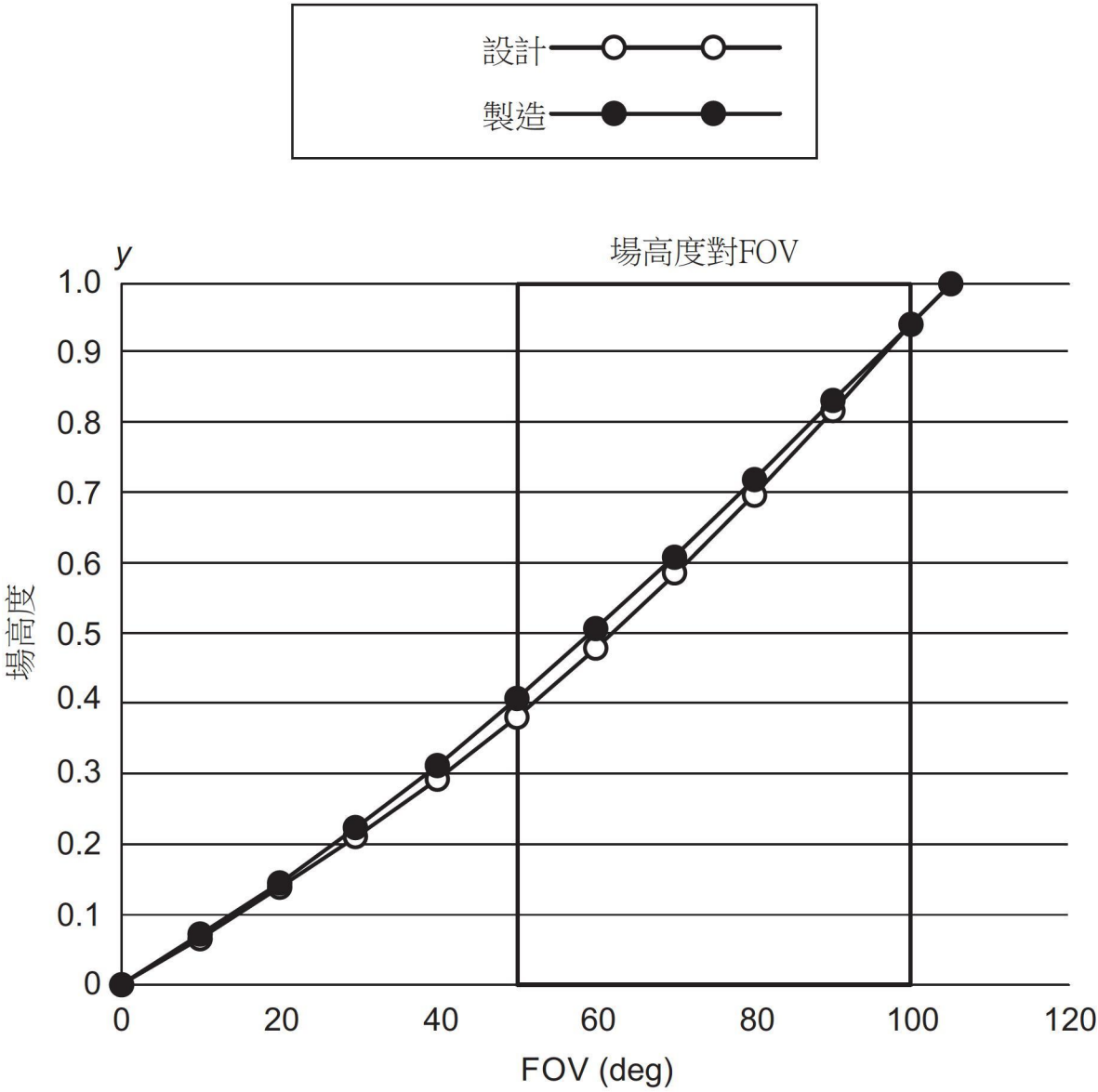
【圖8】



【圖9】



【圖10】



【圖11】