

บทที่ 5

กระบวนการสร้างแบบจำลองใบหน้าและผลการทดลอง

5.1 กระบวนการสร้างแบบจำลองใบหน้า

กระบวนการสร้างแบบจำลองใบหน้าในงานวิจัยฉบับนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วงคือ

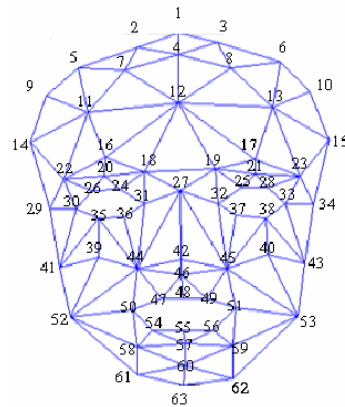
1. กระบวนการสร้างแบบจำลอง Wire-Frame Model (WFM)
2. กระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิว

โดยรายละเอียดของกระบวนการทั้ง 2 ส่วนจะได้ทำการอธิบายในส่วนต่อไป

5.1.1 กระบวนการสร้างแบบจำลอง Wire-Frame Model (WFM)

กระบวนการในช่วงนี้จะทำการสร้างแบบจำลอง WFM 3 มิติของภาพใบหน้าเป้าหมายเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการในขั้นที่ 2 ต่อไป โดยแบบจำลอง WFM 3 มิติของภาพใบหน้าเป้าหมายนั้นจะสร้างมาจากแบบจำลอง WFM 2 มิติของภาพเป้าหมายด้านหน้าและด้านข้างมารวมกัน ส่วนการสร้างแบบจำลอง WFM 2 มิติของภาพเป้าหมายด้านหน้าและด้านข้างนั้นจะสร้างโดยใช้กระบวนการ Thin-Plate Spline มาทำการลงทะเบียน WFM 2 มิติมาตรฐานของภาพใบหน้าที่ด้านตรงและด้านข้างเข้ากับภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้าและด้านข้างตามลำดับ และหลังจากที่ได้แบบจำลอง WFM 2 มิติของใบหน้าด้านหน้าและด้านข้างมาแล้วจึงค่อยนำข้อมูลพิกัดของจุดต่างๆบนแบบจำลอง WFM 2 มิติทั้ง 2 อันมารวมกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง WFM 3 มิติของภาพใบหน้าเป้าหมายต่อไป โดยแบบจำลอง WFM 2 มิติของใบหน้าด้านหน้าและด้านข้างจะมีลักษณะดังนี้ [19]

โดยค่าพิกัดของจุดต่างบนแบบจำลอง WFM 2 มิติของใบหน้าด้านหน้าจะมีค่าดังนี้

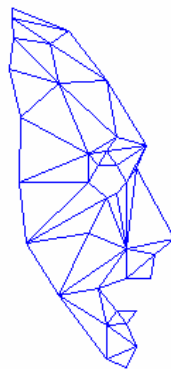


รูปที่ 5.1 แบบจำลอง Wire-Frame Model ของภาพใบหน้าด้านหน้า

ตารางที่ 5.1 ค่าพิกัดของจุดต่างบนแบบจำลอง WFM 2 มิติของใบหน้าด้านหน้า

X	Y	order	X	Y	order
128	28	1	186	123	33
106	33	2	201	123	34
151	36	3	78	128	35
128	40	4	95	126	36
70	44	5	159	127	37
185	47	6	173	128	38
98	47	7	77	147	39
158	48	8	173	149	40
53	60	9	56	152	41
203	62	10	126	150	42
74	68	11	195	154	43
128	66	12	100	155	44
179	71	13	151	155	45
42	86	14	126	158	46
212	87	15	112	171	47
84	96	16	125	171	48
169	95	17	137	171	49
107	101	18	95	176	50
147	103	19	154	177	51
84	104	20	60	180	52
170	105	21	189	181	53
59	105	22	108	188	54
193	107	23	125	188	55
92	111	24	143	188	56
161	112	25	124	195	57
77	111	26	97	196	58
127	113	27	151	197	59
177	113	28	124	207	60
51	120	29	97	214	61
67	120	30	151	212	62
105	120	31	125	217	63
147	120	32			

ค่าพิกัดของจุดต่างบนแบบจำลอง WFM 2 มิติของใบหน้าด้านข้างจะมีค่าดังนี้



รูปที่ 5.2 แบบจำลอง Wire-Frame Model ของภาพใบหน้าด้านข้าง

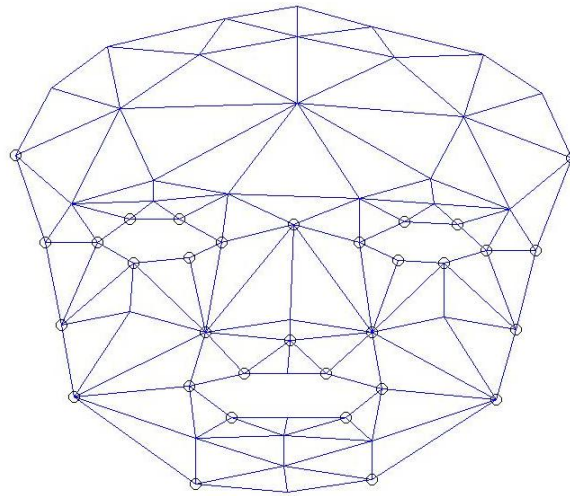
ตารางที่ 5.2 ค่าพิกัดของจุดต่างบนแบบจำลอง WFM 2 มิติของใบหน้าด้านข้าง

Z	Y	order	Z	Y	order
72	28	1	0	0	33*
72	33	2	0	0	34*
0	0	3*	112	128	35
96	40	4	116	126	36
73	44	5	0	0	37*
0	0	6*	0	0	38*
88	47	7	104	147	39
0	0	8*	0	0	40*
71	60	9	78	152	41
0	0	10*	140	150	42
92	68	11	0	0	43*
112	66	12	120	155	44
0	0	13*	0	0	45*
76	86	14	132	158	46
0	0	15*	120	171	47
116	96	16	130	171	48
0	0	17*	0	0	49*
128	101	18	108	176	50
0	0	19*	0	0	51*
112	104	20	92	180	52
0	0	21*	0	0	53*
104	105	22	116	188	54
0	0	23*	124	188	55
116	111	24	0	0	56*
0	0	25*	120	195	57
108	111	26	112	196	58
124	113	27	0	0	59*
0	0	28*	124	207	60
75	120	29	112	214	61
104	120	30	0	0	62*
120	120	31	120	218	63
0	0	32*			

หมายเหตุ*

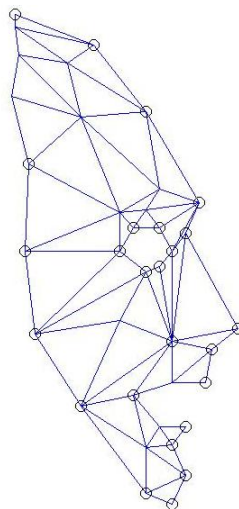
ค่าพิกัดของจุดที่มีค่าเป็น 0 เนื่องจากเป็นพิกัดของจุดที่อยู่บนใบหน้าด้านซ้ายซึ่งจะมองไม่เป็นบนแบบจำลองใบหน้าด้านข้างซึ่งเป็นใบหน้าด้านขวาจึงกำหนดค่าเป็น 0 ไว้ก่อนและเมื่อทำการสร้างแบบจำลอง WFM 2 มิติของใบหน้าด้านข้างขวาแล้วจึงนำค่าที่ได้จากใบหน้าด้านขวามาเติมโดยใช้หลักการของความสมมาตร

โดยจุดควบคุม (Control Point) ที่เลือกใช้ในการสร้างแบบจำลอง WFM 2 มิติของภาพเป้าหมายด้านหน้ามีดังนี้



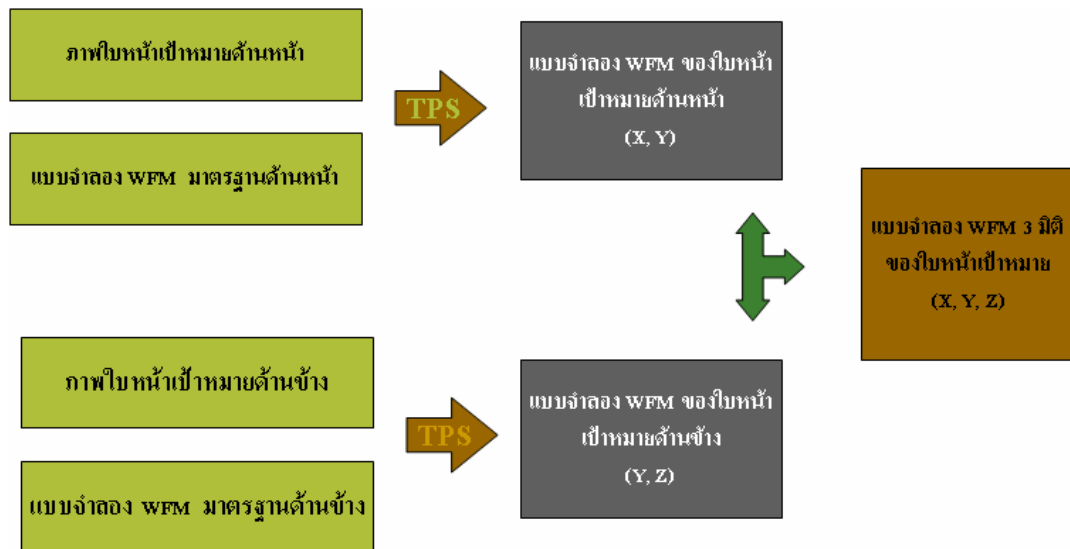
รูปที่ 5.3 จุดควบคุมที่เลือกใช้ในการสร้างแบบจำลอง WFM 2 มิติของภาพเป้าหมายด้านหน้า

และจุดควบคุม (Control Point) ที่เลือกใช้ในการสร้างแบบจำลอง WFM 2 มิติของภาพเป้าหมายด้านข้างมีดังนี้



รูปที่ 5.4 จุดควบคุมที่เลือกใช้ในการสร้างแบบจำลอง WFM 2 มิติของภาพเป้าหมายด้านข้าง

โดยกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM 3 มิติของภาพใบหน้าเป้าหมายนั้นสามารถทำการแสดงด้วย Block Diagram ได้ดังนี้

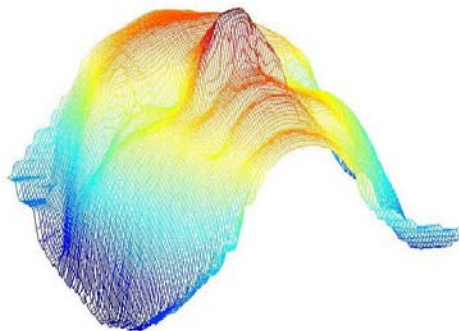


รูปที่ 5.5 Block Diagram ของกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM 3 มิติของภาพใบหน้าเป้าหมาย

5.1.2 กระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิว (Surface Model)

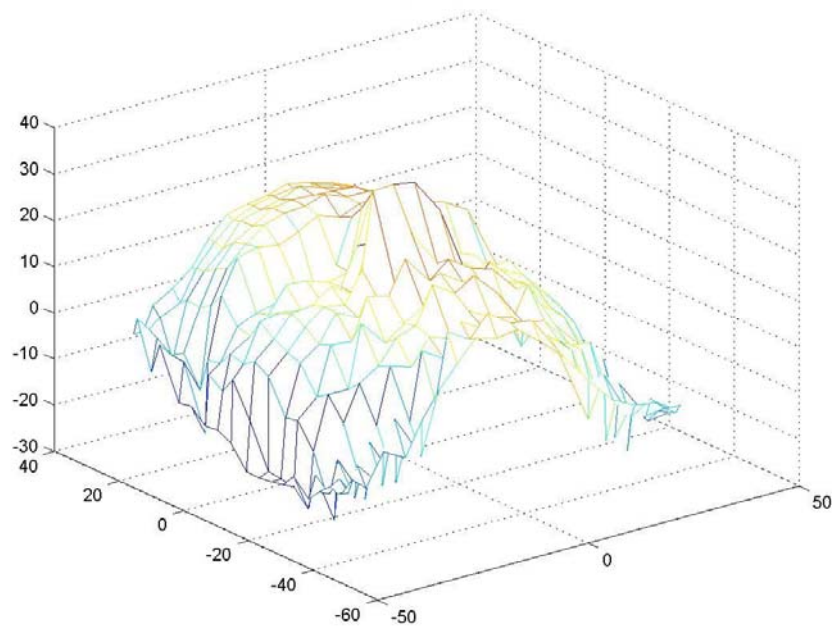
กระบวนการในช่วงนี้จะทำการสร้างแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมายโดยใช้กระบวนการ Thin-Plate Spline มาเพื่อทำการลงทะเบียนแบบจำลอง WFM 3 มิติเข้ากับแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติมาตรฐาน โดยกระบวนการนี้จะแบ่งเป็น 2 ช่วงคือช่วงของการลงทะเบียนเพื่อแก้ไขพิกัด (X, Y) ก่อนแล้วจึงทำการแก้ไขพิกัด (Y, Z) ต่อไป

แบบจำลองพื้นผิว 3 มิติมาตรฐานที่ใช้นี้จะสร้างขึ้นจากเมตริกซ์ 3 เมตริกซ์คือเมตริกซ์ของค่าพิกัด X, Y และ Z ตามลำดับ โดยเมตริกซ์ของพิกัดต่างๆจะมีขนาดเท่ากันคือ 131×131



รูปที่ 5.6 แบบจำลองพื้นผิว 3 มิติ

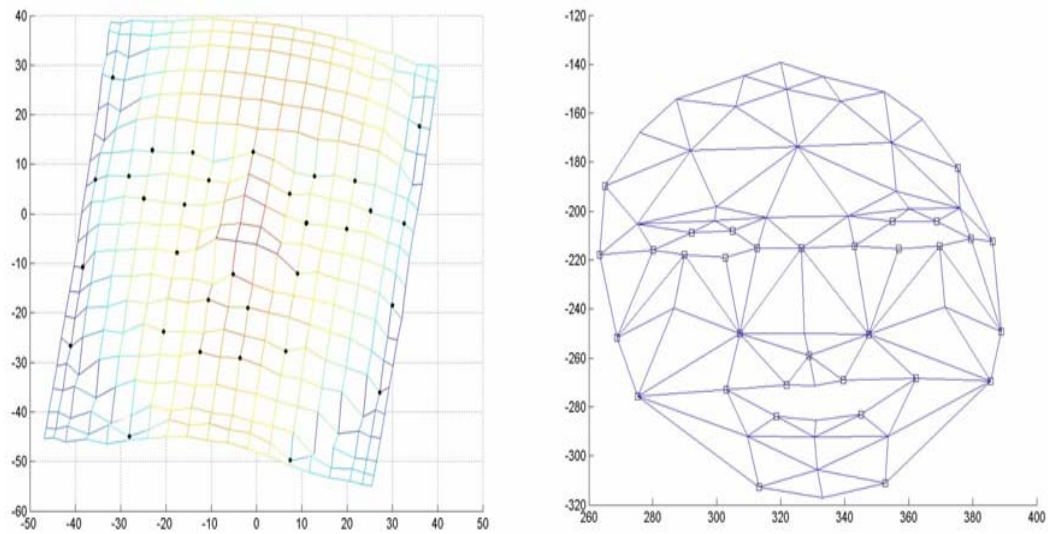
แต่ก่อนที่จะนำแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติมาตรฐานไปผ่านกระบวนการ Thin-Plate Spline กับแบบจำลอง WFM 3 มิตินั้นต้องทำการลดระดับความละเอียดของการแสดงผลโดยใช้กระบวนการของ B-Spline Surface Wavelet เพื่อให้ขนาดของข้อมูลที่จะนำมาผ่านการคำนวณมีขนาดที่ลดลง โดยจากเดิมเมตริกซ์พิกัดต่างๆของแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติมาตรฐานจะมีขนาด 131×131 แต่ก่อนที่จะนำมาผ่านกระบวนการ Thin-Plate Spline จะต้องผ่านการลดขนาดข้อมูลลงมาให้เหลือเพียง 19×19 ซึ่งแบบจำลองพื้นผิวที่ผ่านการลดระดับความละเอียดของการแสดงผลแล้วจะมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 5.7 แบบจำลองพื้นผิว 3 มิติที่ระดับความละเอียดการแสดงผลต่ำ

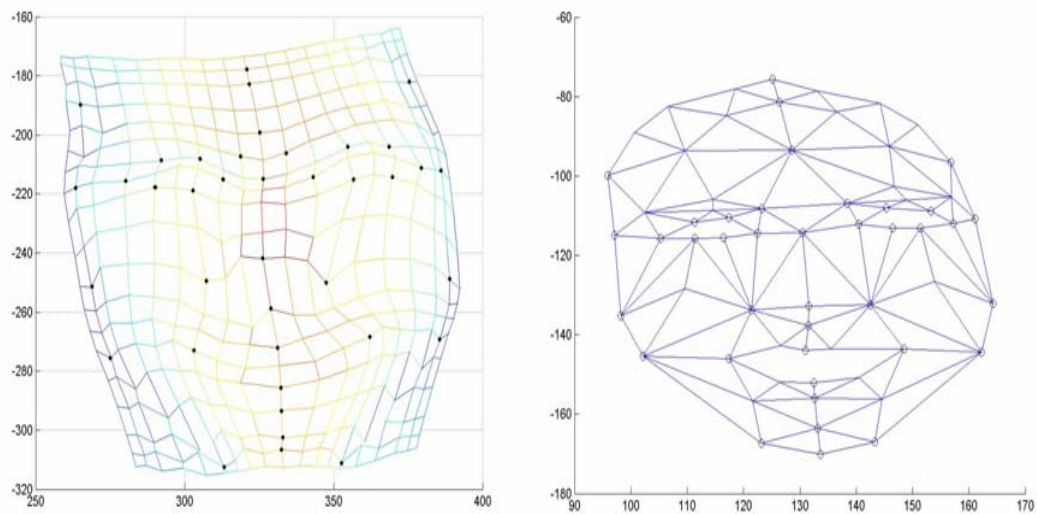
โดยสาเหตุที่ทำการเลือกระดับความละเอียดของการแสดงผลที่ระดับนี้เนื่องจากที่ความละเอียดระดับนี้จะทำให้ข้อมูลมีปริมาณน้อยที่สุดแต่ยังคงแสดงจุดควบคุมทั้งหมดไว้อย่างครบถ้วน หากทำการลดระดับความละเอียดในการแสดงผลลงมากกว่านี้แม้จะทำให้ข้อมูลมีปริมาณน้อยลงได้ แต่ก็จะทำให้จุดควบคุมบางจุดบนภาพหายไป และหากทำการเลือกระดับความละเอียดที่สูงกว่านี้ก็จะทำให้ข้อมูลมีปริมาณที่มากส่งผลให้ต้องเวลาในการคำนวณต่างๆมากขึ้นด้วย

โดยจุดควบคุมที่ใช้ในการกระบวนการ Thin-Plate Spline ช่วงการแก้ไขพิกัด (X, Y) นั้นมีทั้งหมด 32 จุดดังนี้



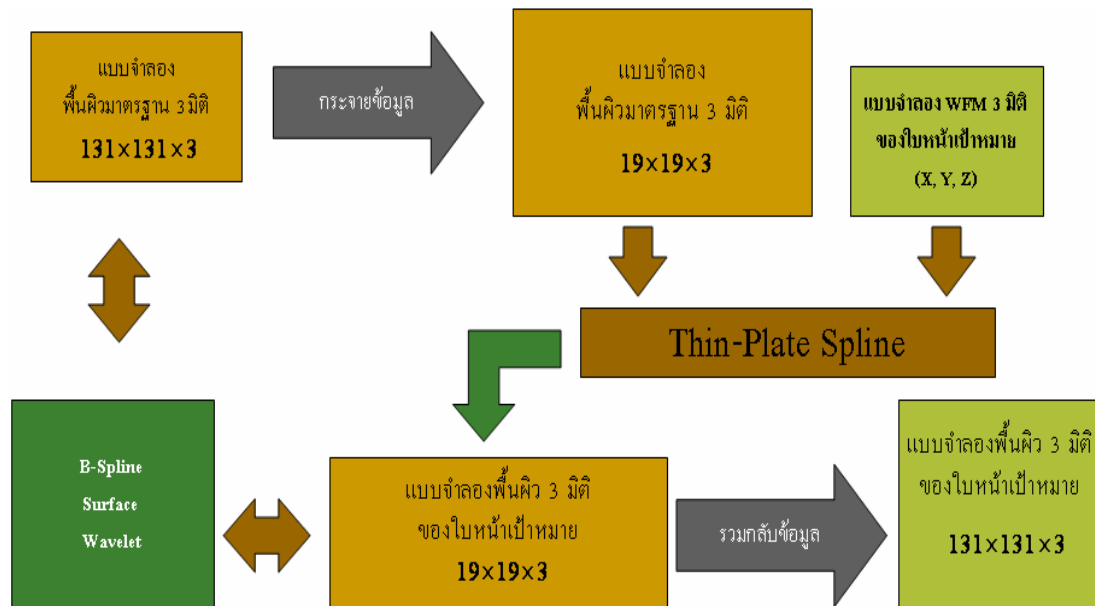
รูปที่ 5.8 จุดควบคุมที่ใช้ในการกระบวนกร Thin-Plate Spline ช่วงการแก้ไขพิกัด (X, Y)

และจุดควบคุมที่ใช้ในการกระบวนกร Thin-Plate Spline ช่วงการแก้ไขพิกัด (Y, Z) นั้นมีทั้งหมด 29 จุดดังนี้



รูปที่ 5.9 จุดควบคุมที่ใช้ในการกระบวนกร Thin-Plate Spline ช่วงการแก้ไขพิกัด (Y, Z)

กระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพใบหน้าเป้าหมายนั้นสามารถทำการแสดงด้วย Block Diagram ได้ดังนี้

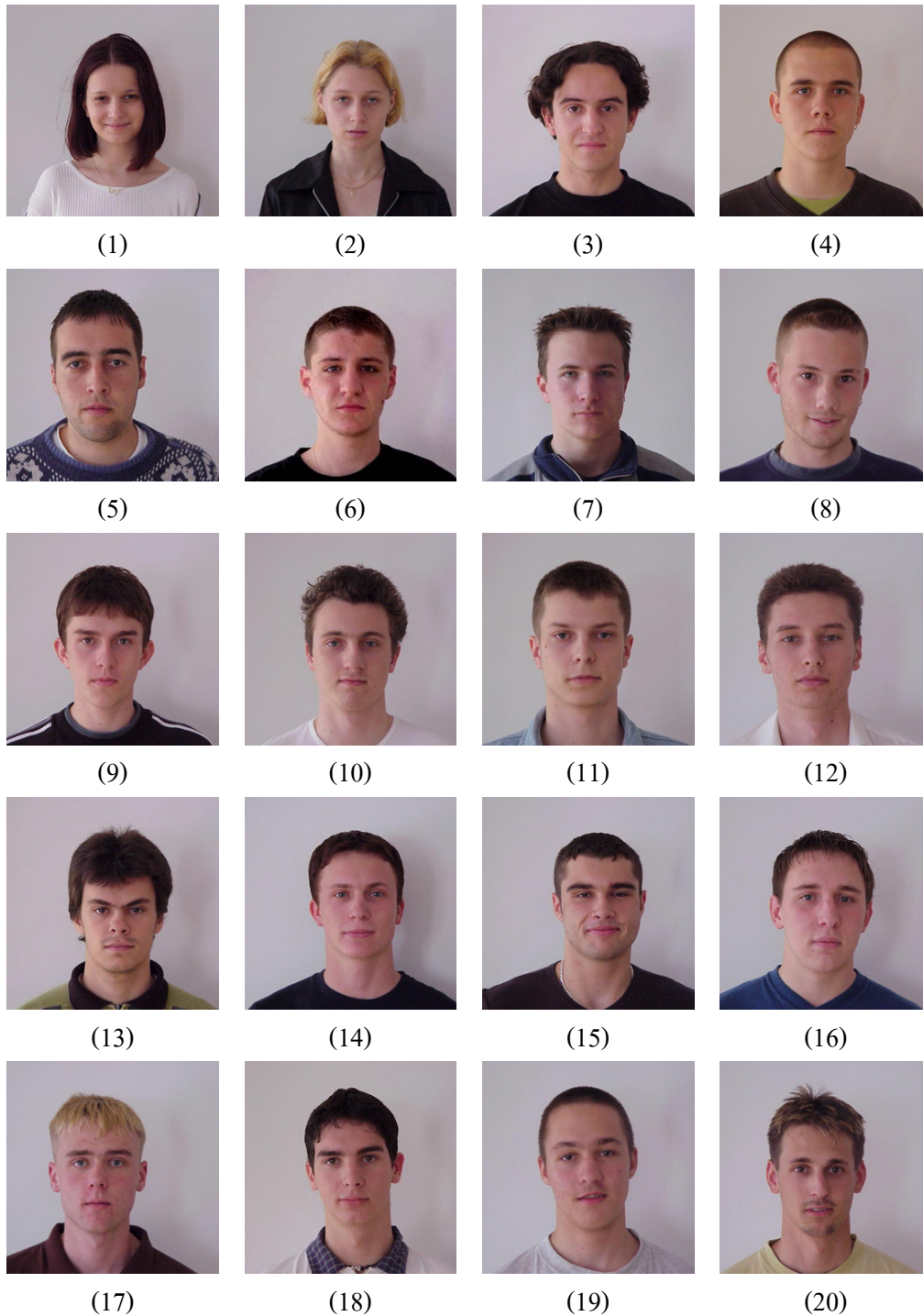


รูปที่ 5.10 Block Diagram กระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพใบหน้าเป้าหมาย

โดยกระบวนการ Thin-Plate Spline ที่ใช้ในกระบวนการนี้จะแบ่งเป็น 2 ช่วงคือเริ่มด้วยการลงทะเบียนเพื่อแก้ไขพิกัด (X, Y) ก่อนแล้วจึงทำการแก้ไขพิกัด (Y,Z) ต่อไป

5.2 ผลารทดลอง

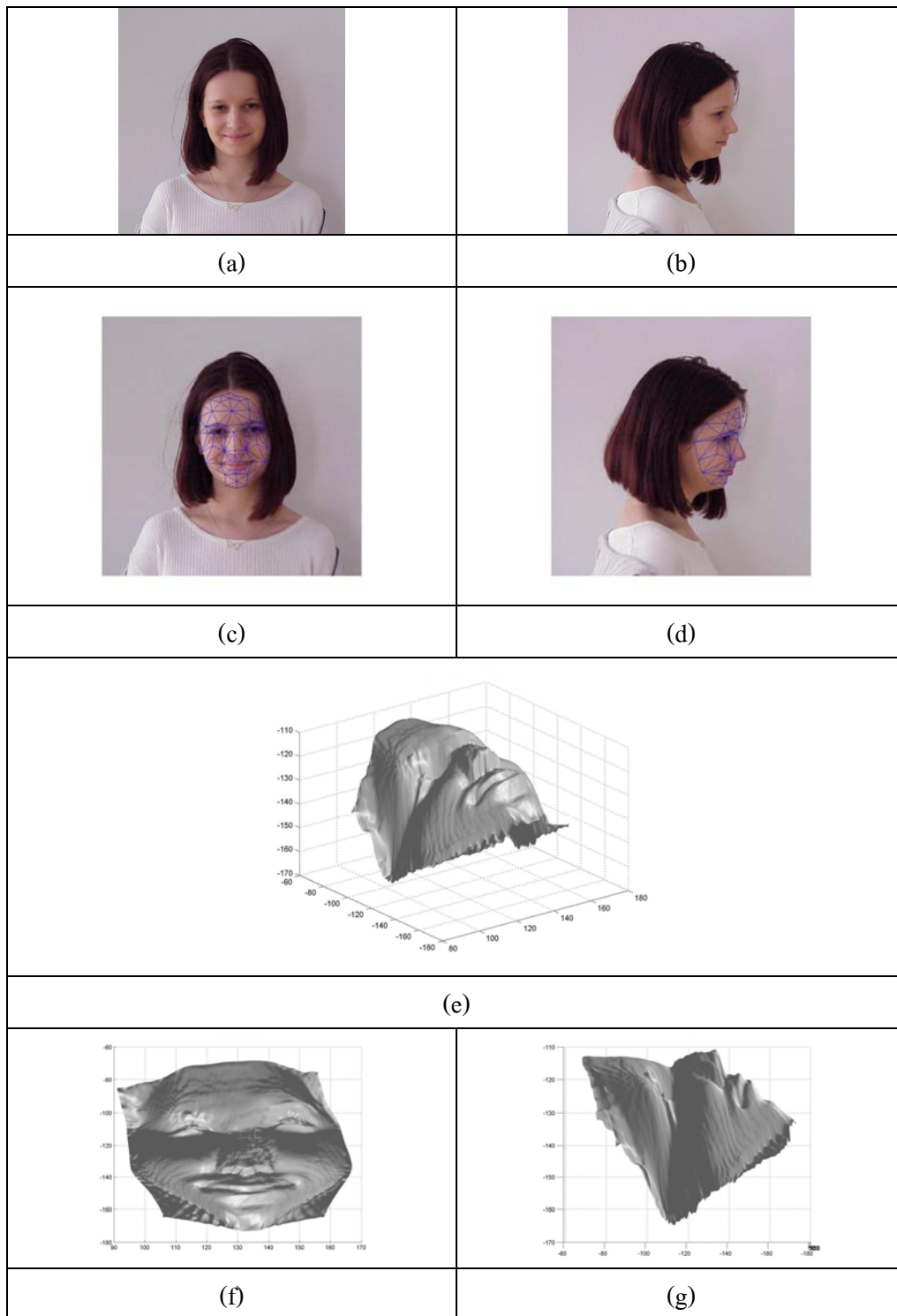
ในส่วนนี้จะนำกระบวนการสร้างแบบจำลองใบหน้าที่ได้นำเสนอในส่วนก่อนหน้านี้มาทำการทดลองกับภาพใบหน้าคนจำนวน 20 คน โดยภาพที่นำมาทำการทดลองมีขนาด 256×256 [20]



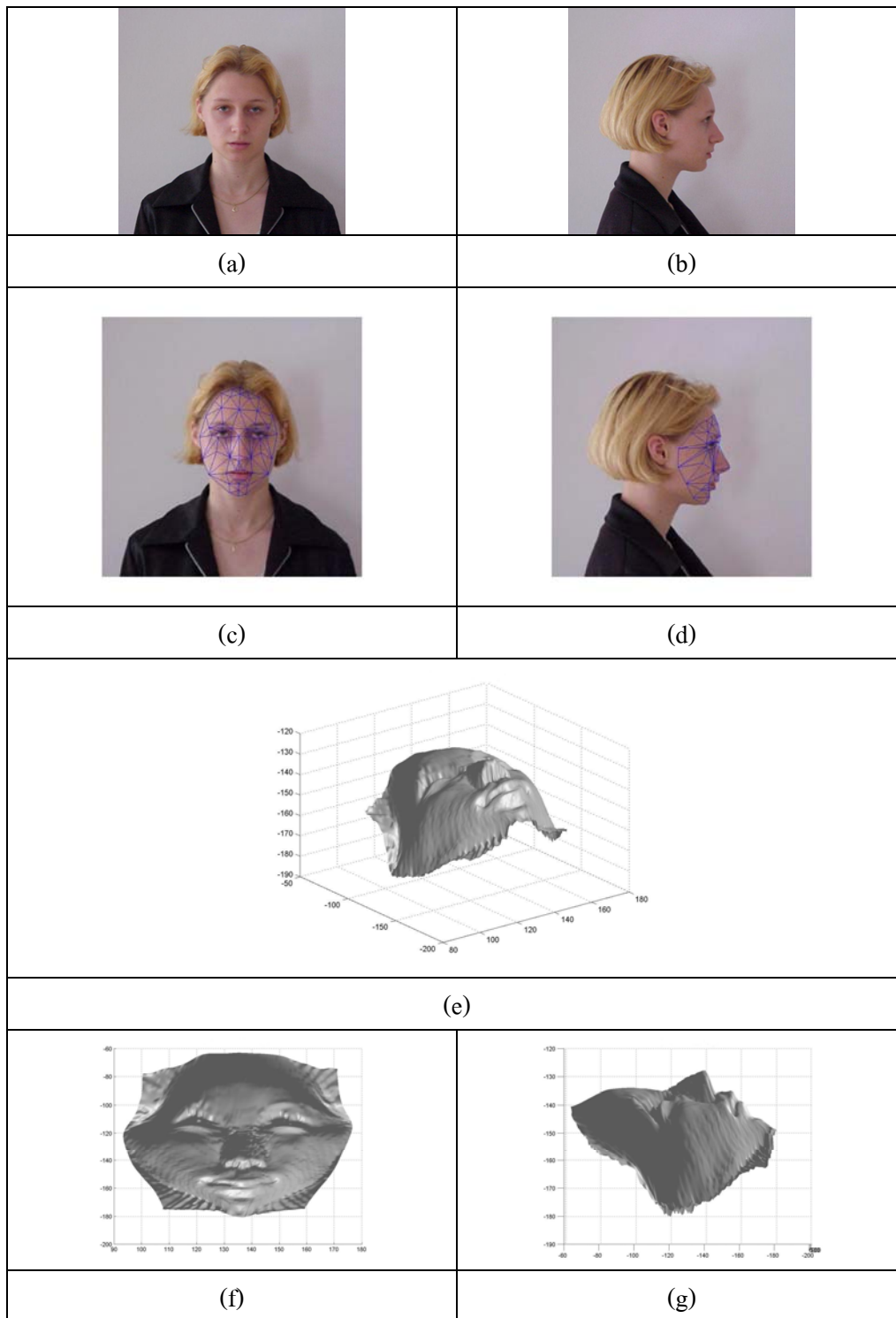
รูปที่ 5.11 ภาพใบหน้าที่ด้านหน้าตรงที่ใช้ในการทดลอง



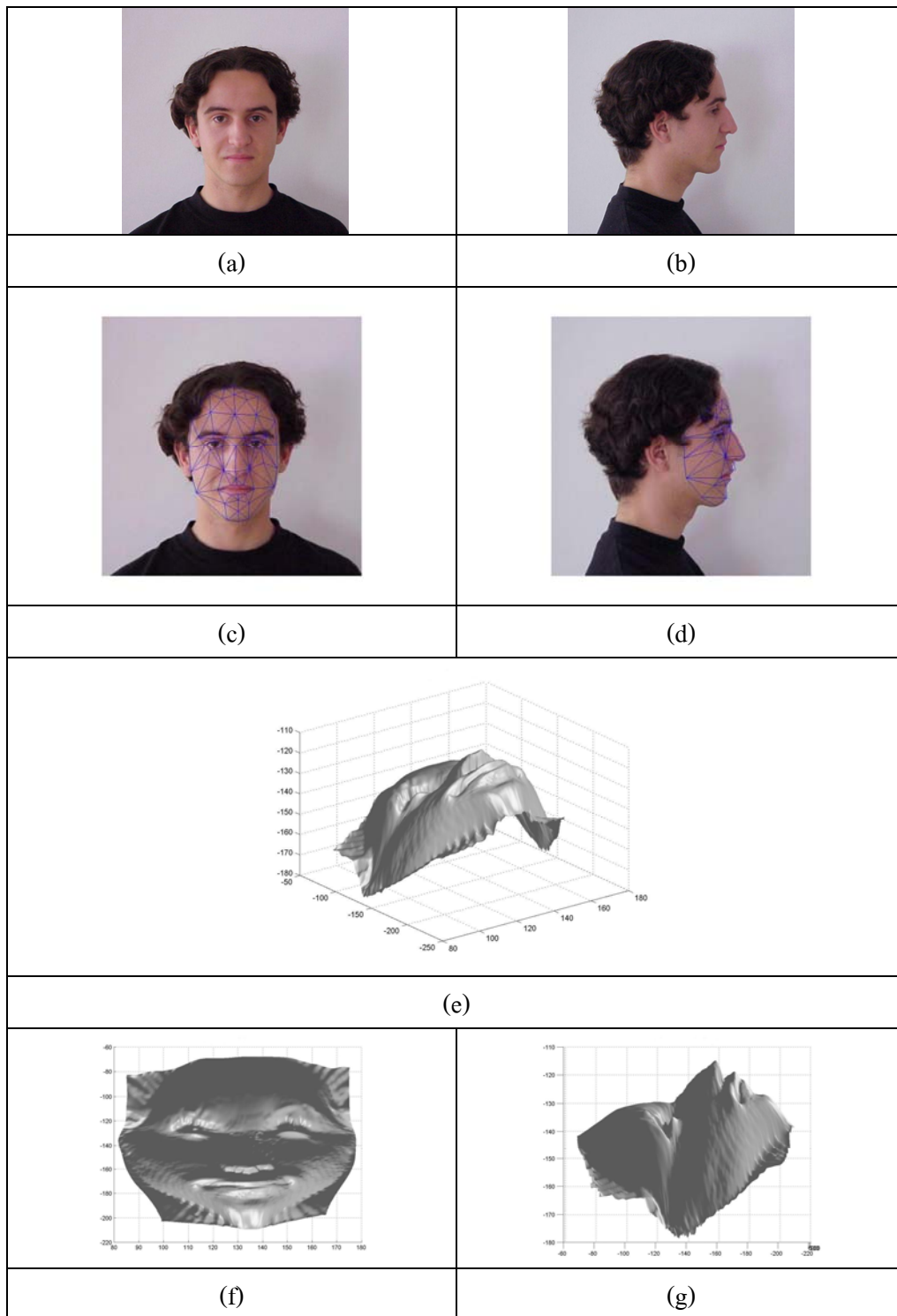
รูปที่ 5.12 ภาพใบหน้าด้านข้างที่ใช้ในการทดลอง



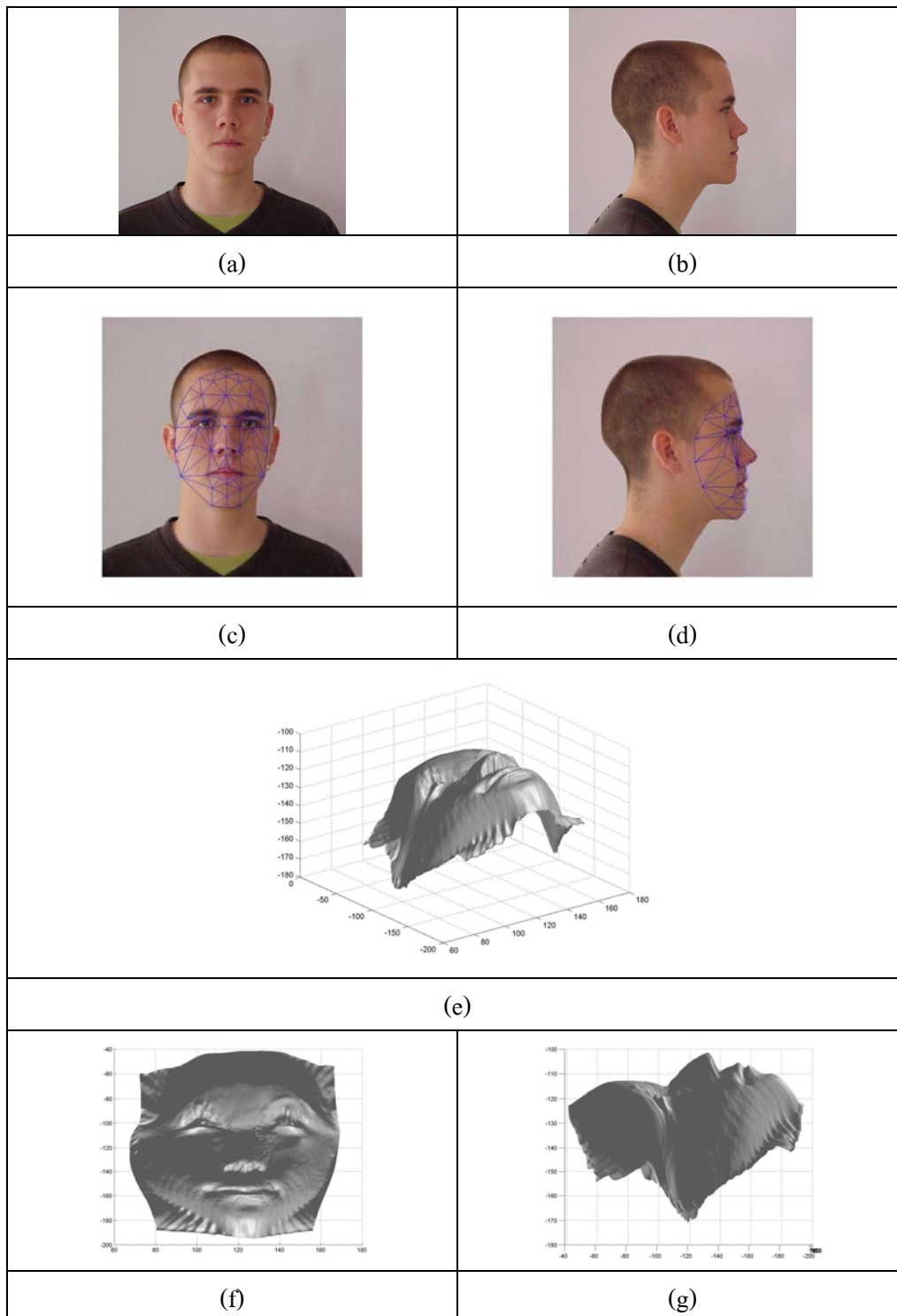
รูปที่ 5.13 ผลการทดลองภาพใบหน้า (1) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



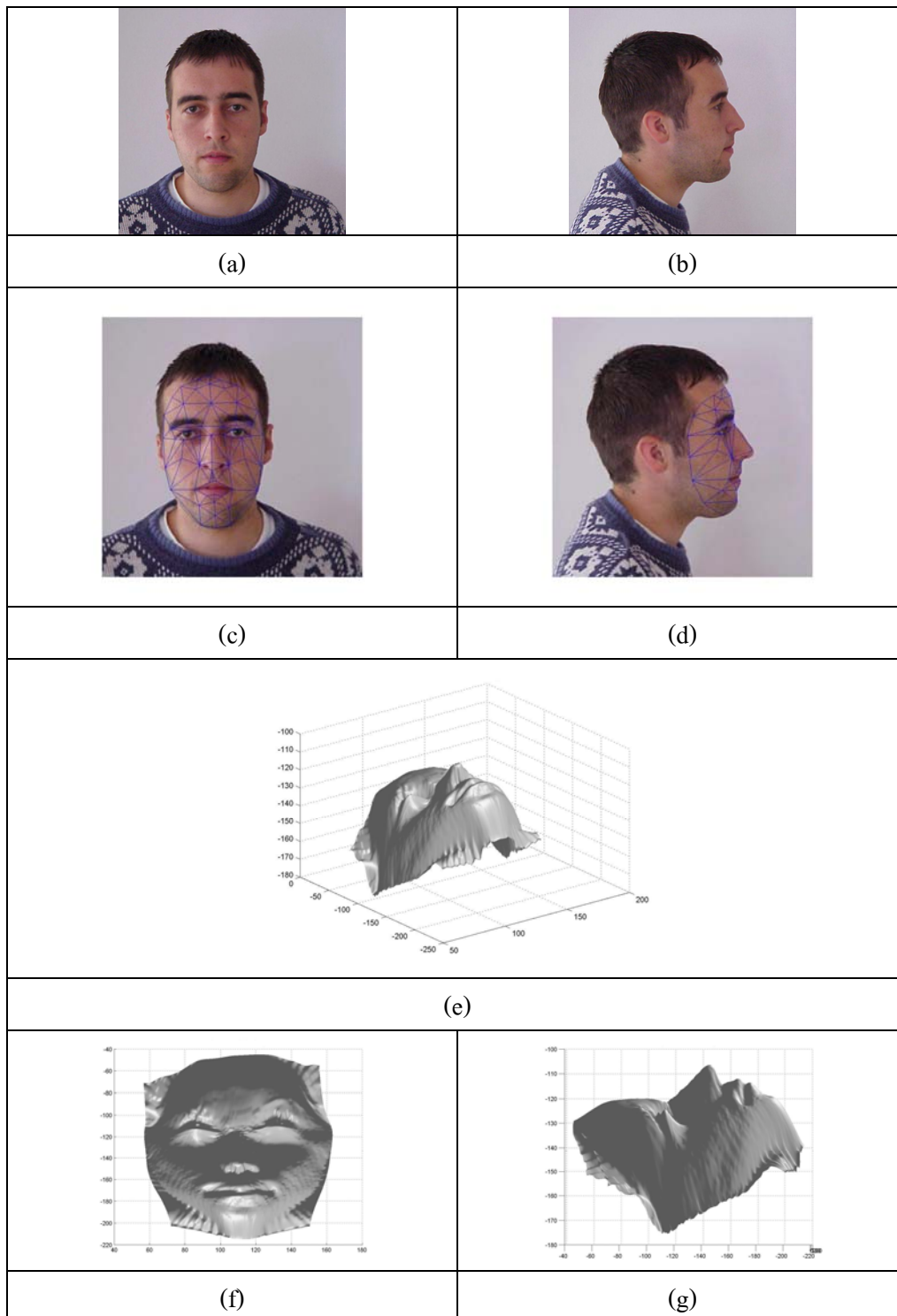
รูปที่ 5.14 ผลการทดลองภาพใบหน้า (2) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



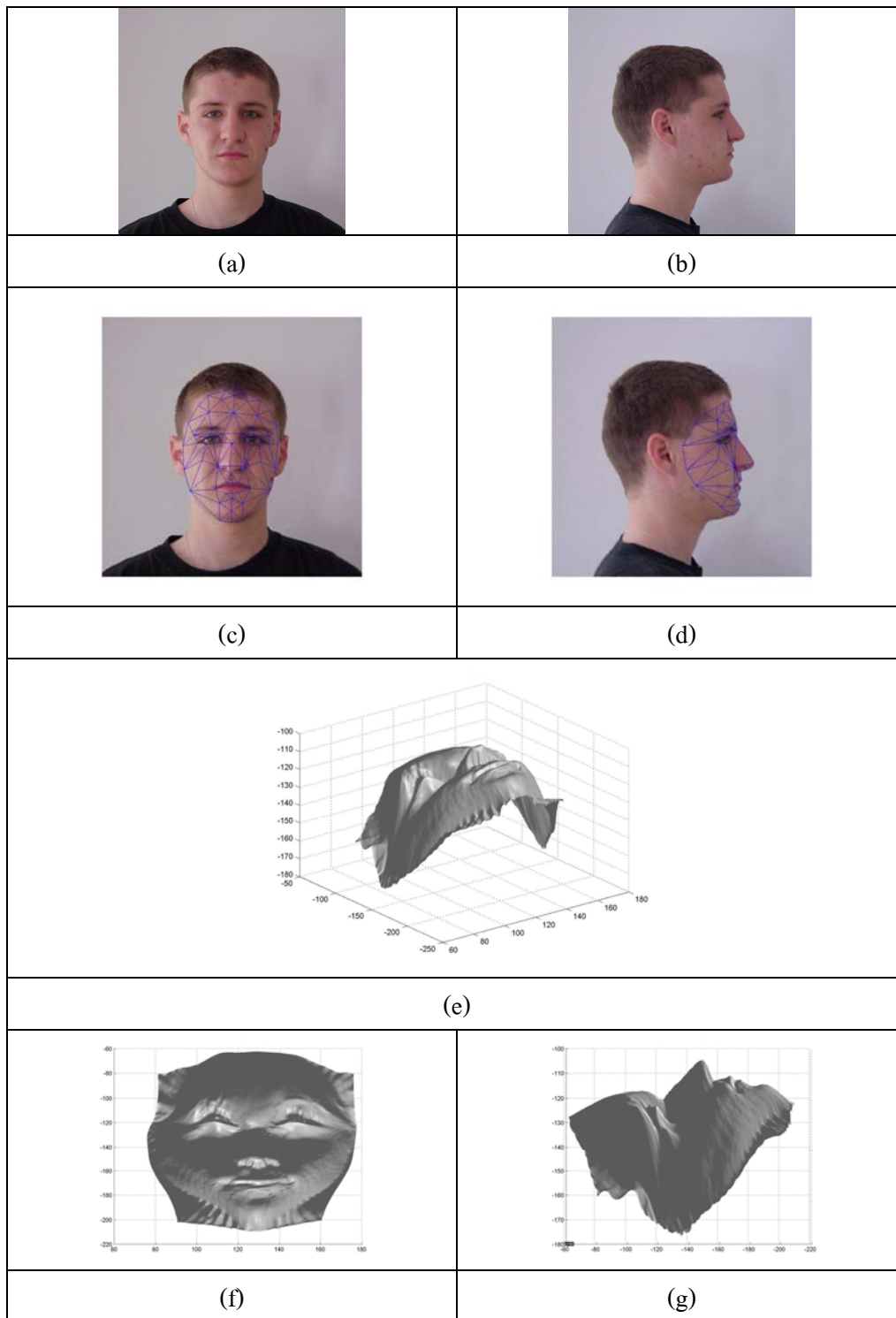
รูปที่ 5.15 ผลการทดลองภาพใบหน้า (3) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



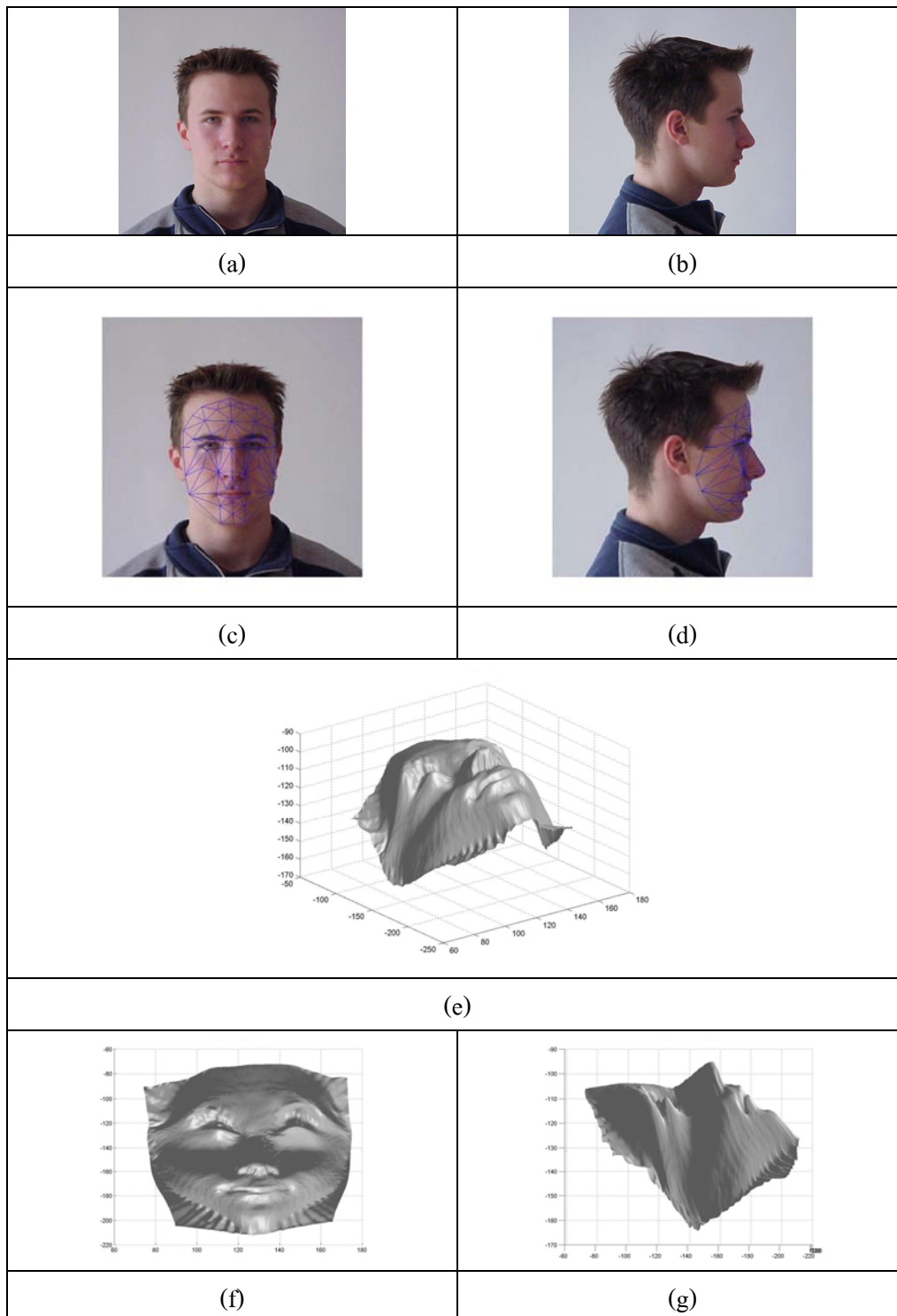
รูปที่ 5.16 ผลการทดลองภาพใบหน้า (4) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



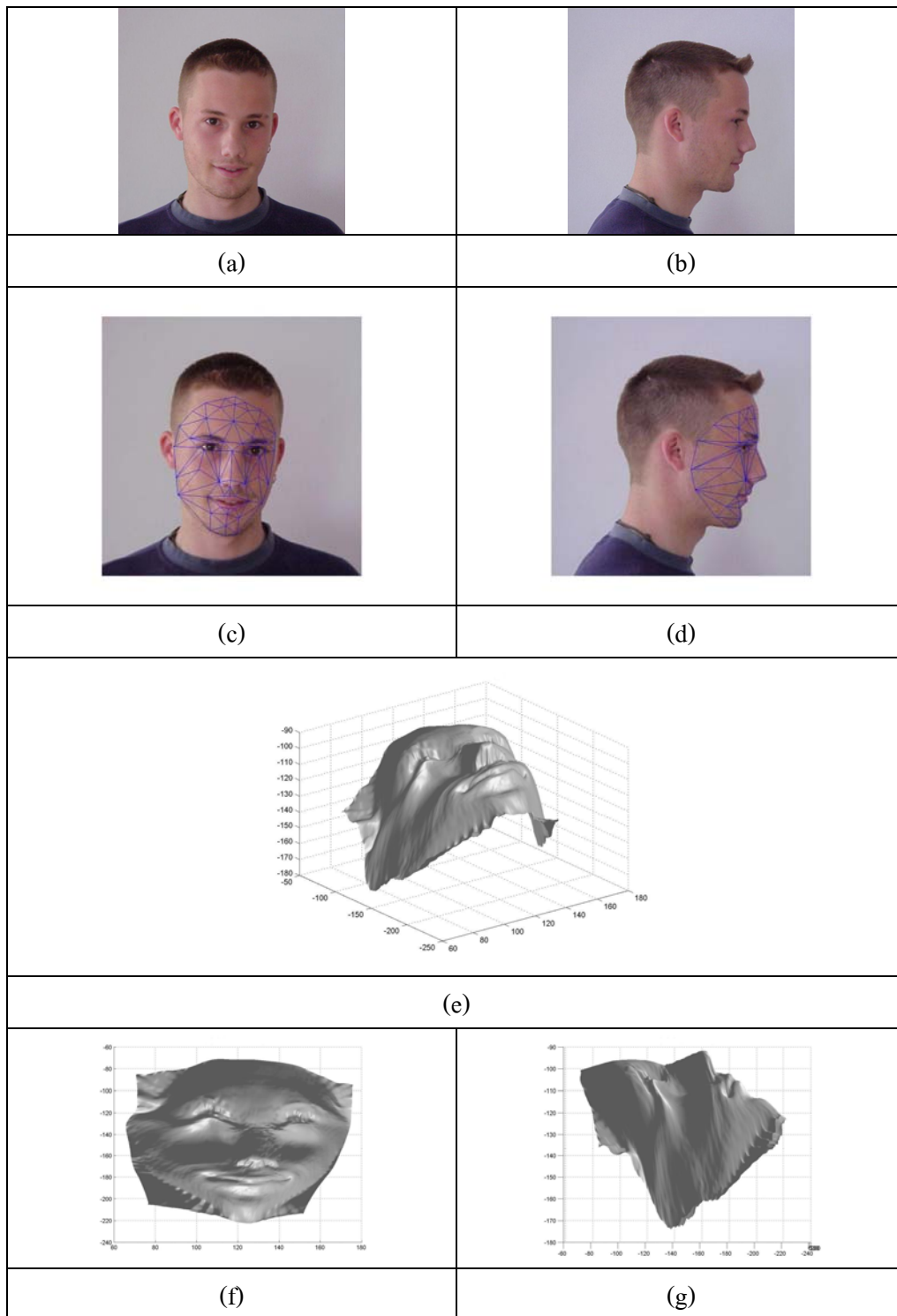
รูปที่ 5.17 ผลการทดลองภาพใบหน้า (5) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



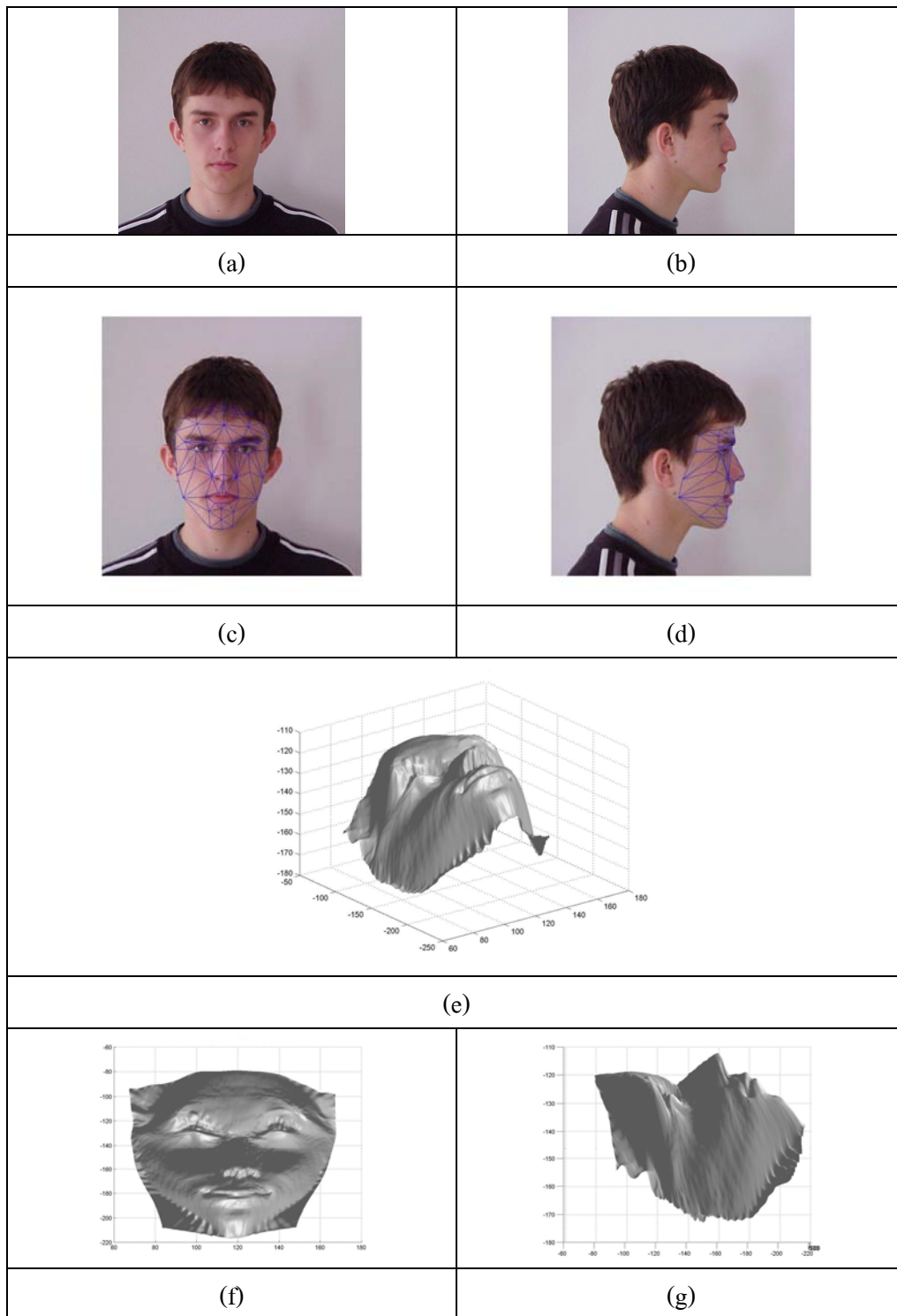
รูปที่ 5.18 ผลการทดลองภาพใบหน้า (6) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



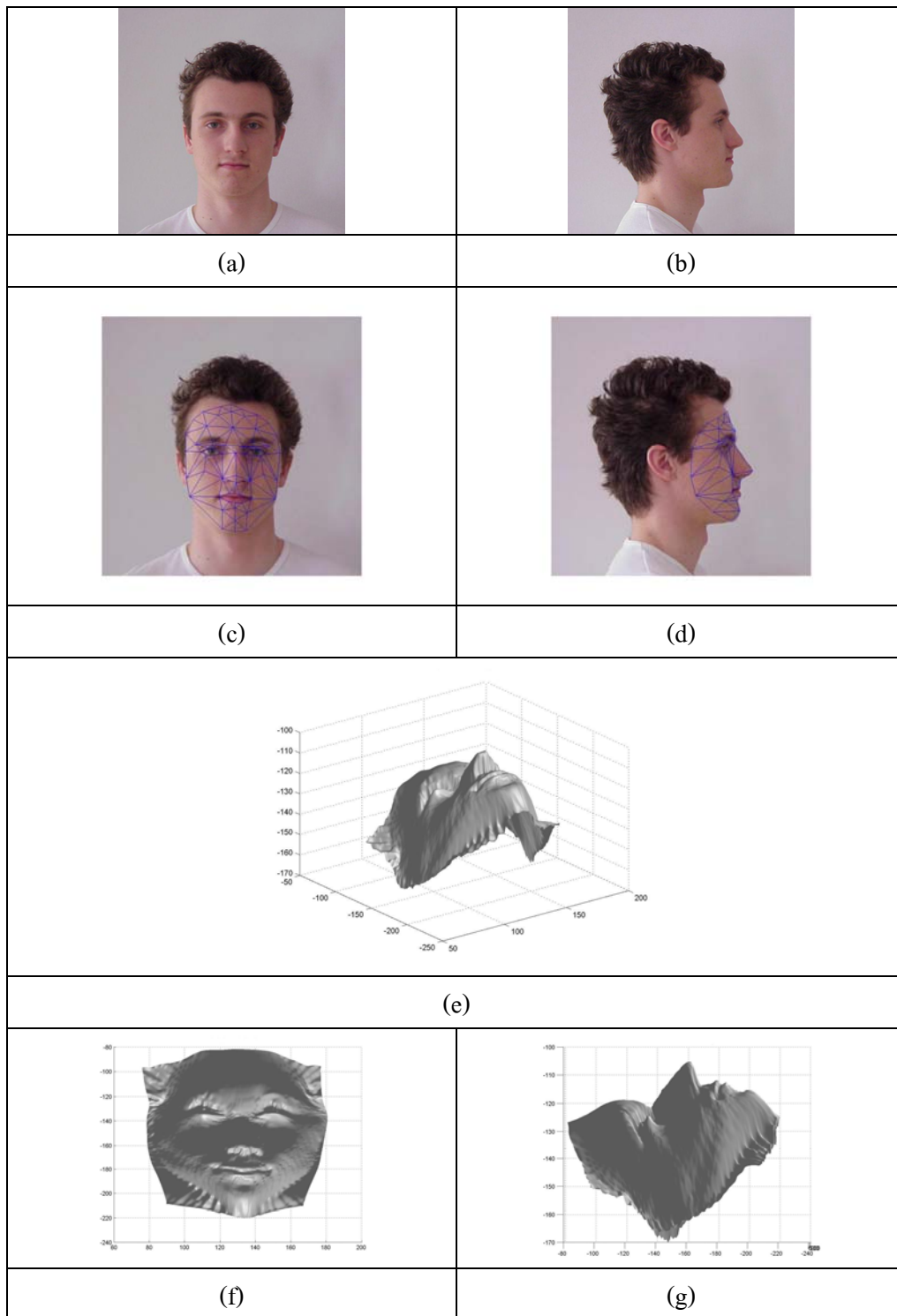
รูปที่ 5.19 ผลการทดลองภาพใบหน้า (7) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



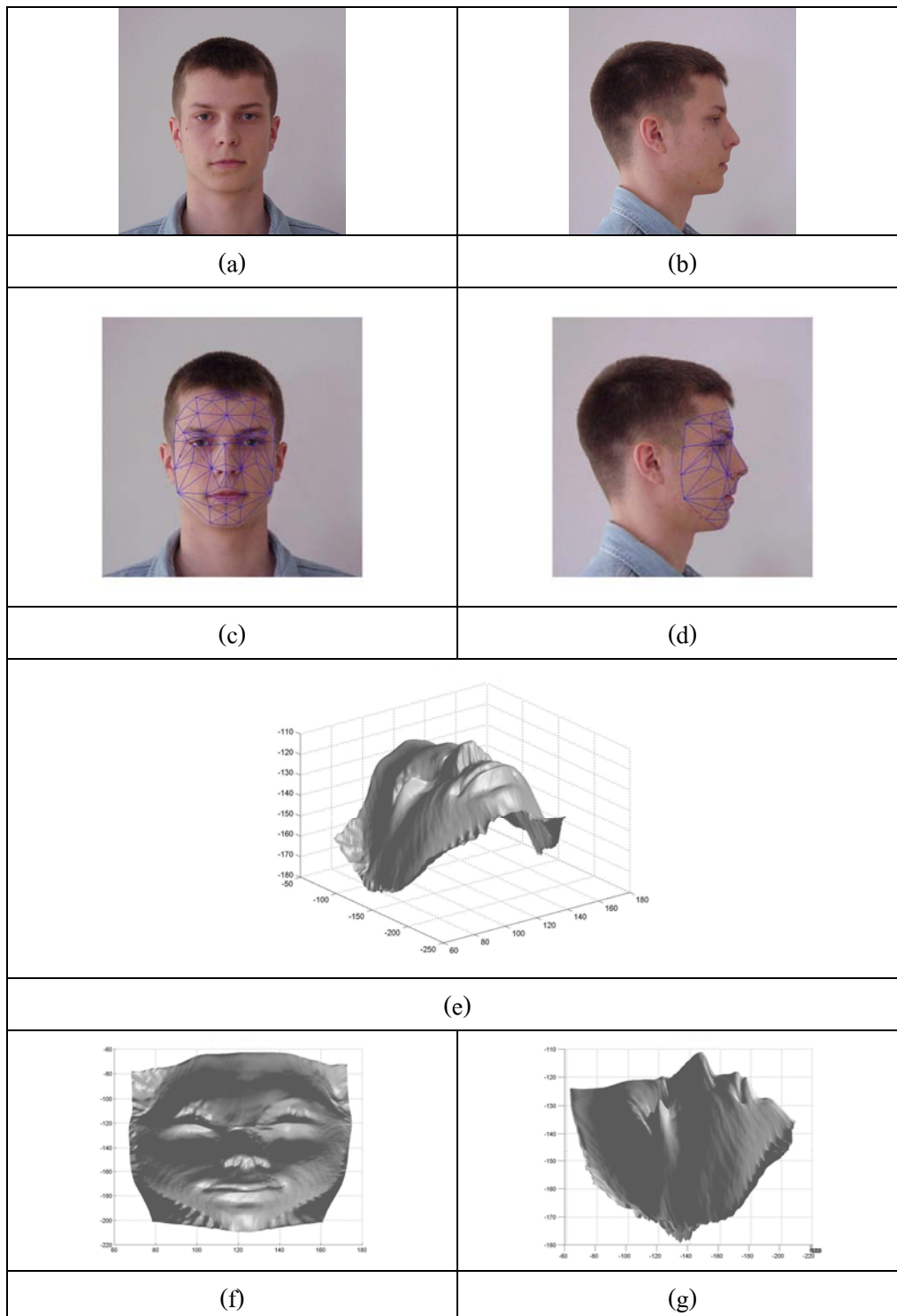
รูปที่ 5.20 ผลการทดลองภาพใบหน้า (8) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



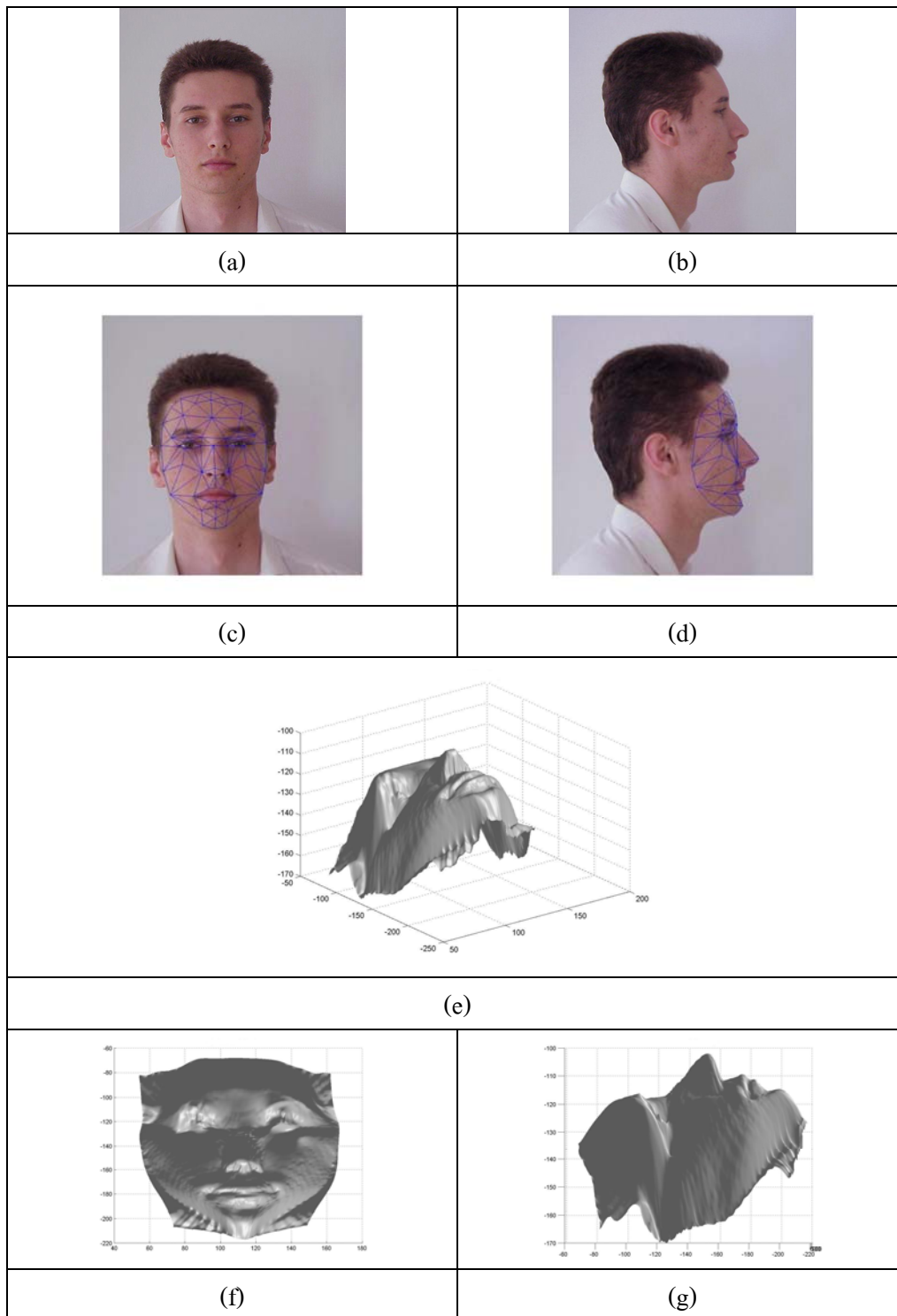
รูปที่ 5.21 ผลการทดลองภาพใบหน้า (9) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



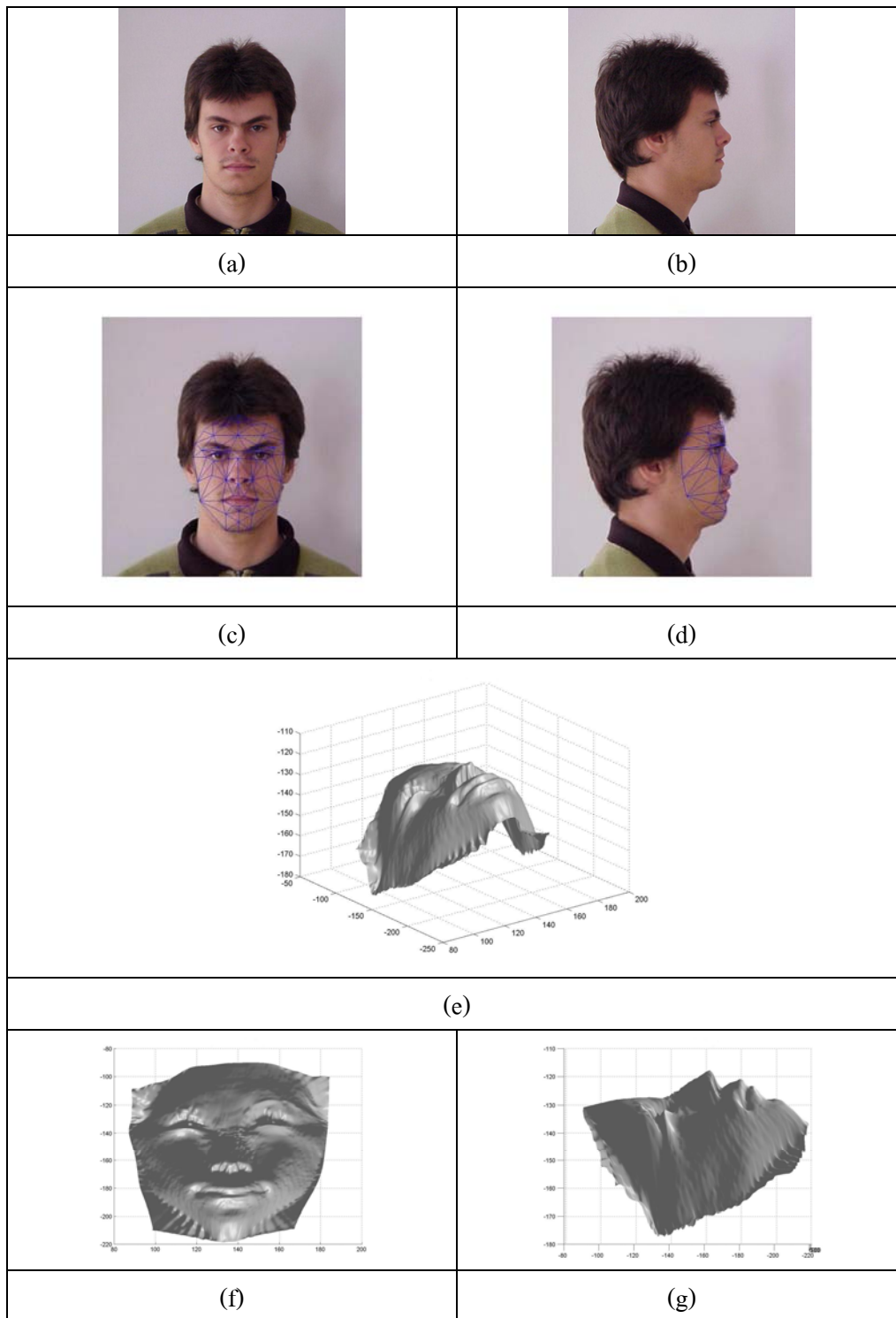
รูปที่ 5.22 ผลการทดลองภาพใบหน้า (10) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



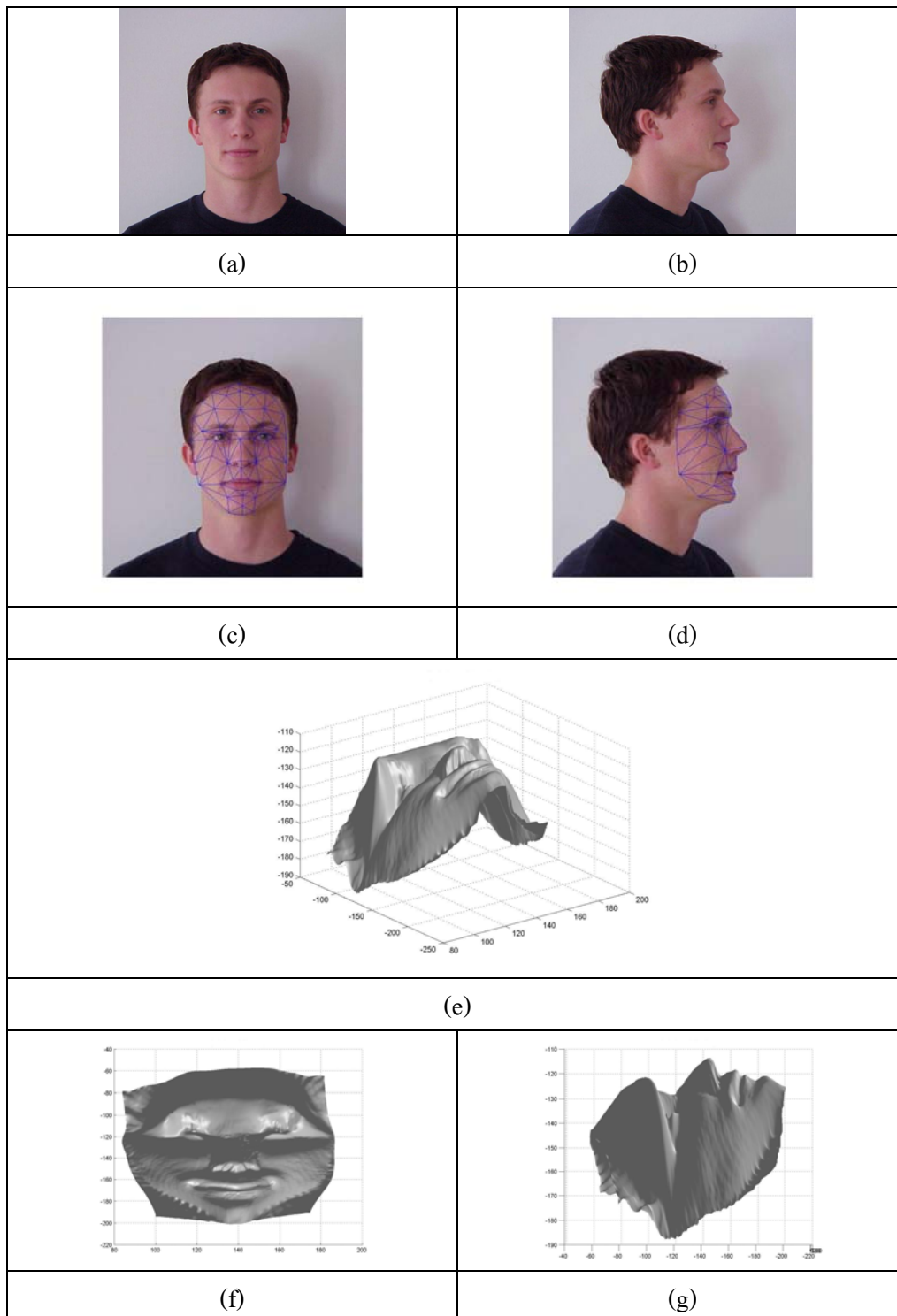
รูปที่ 5.23 ผลการทดลองภาพใบหน้า (11) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



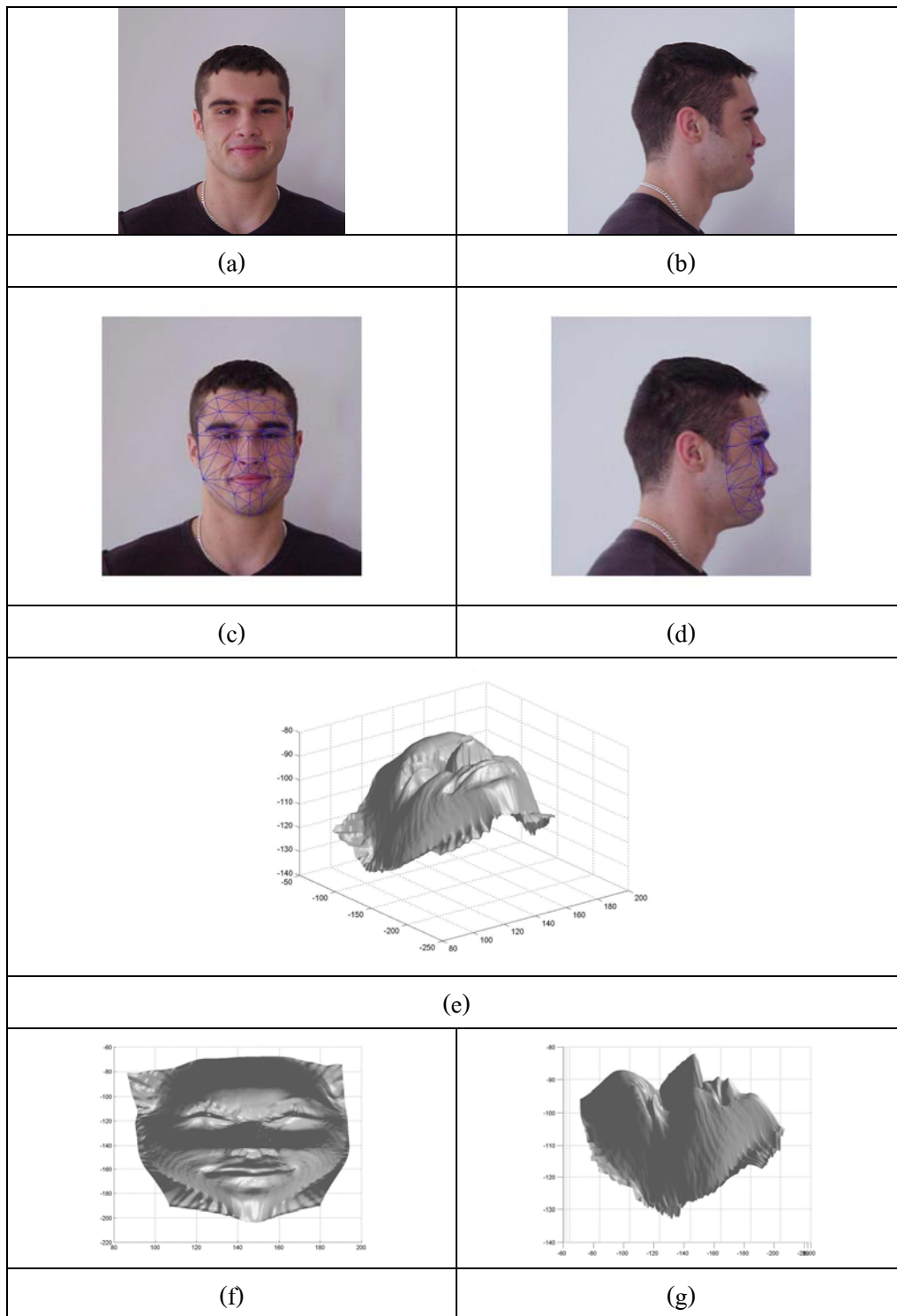
รูปที่ 5.24 ผลการทดลองภาพใบหน้า (12) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



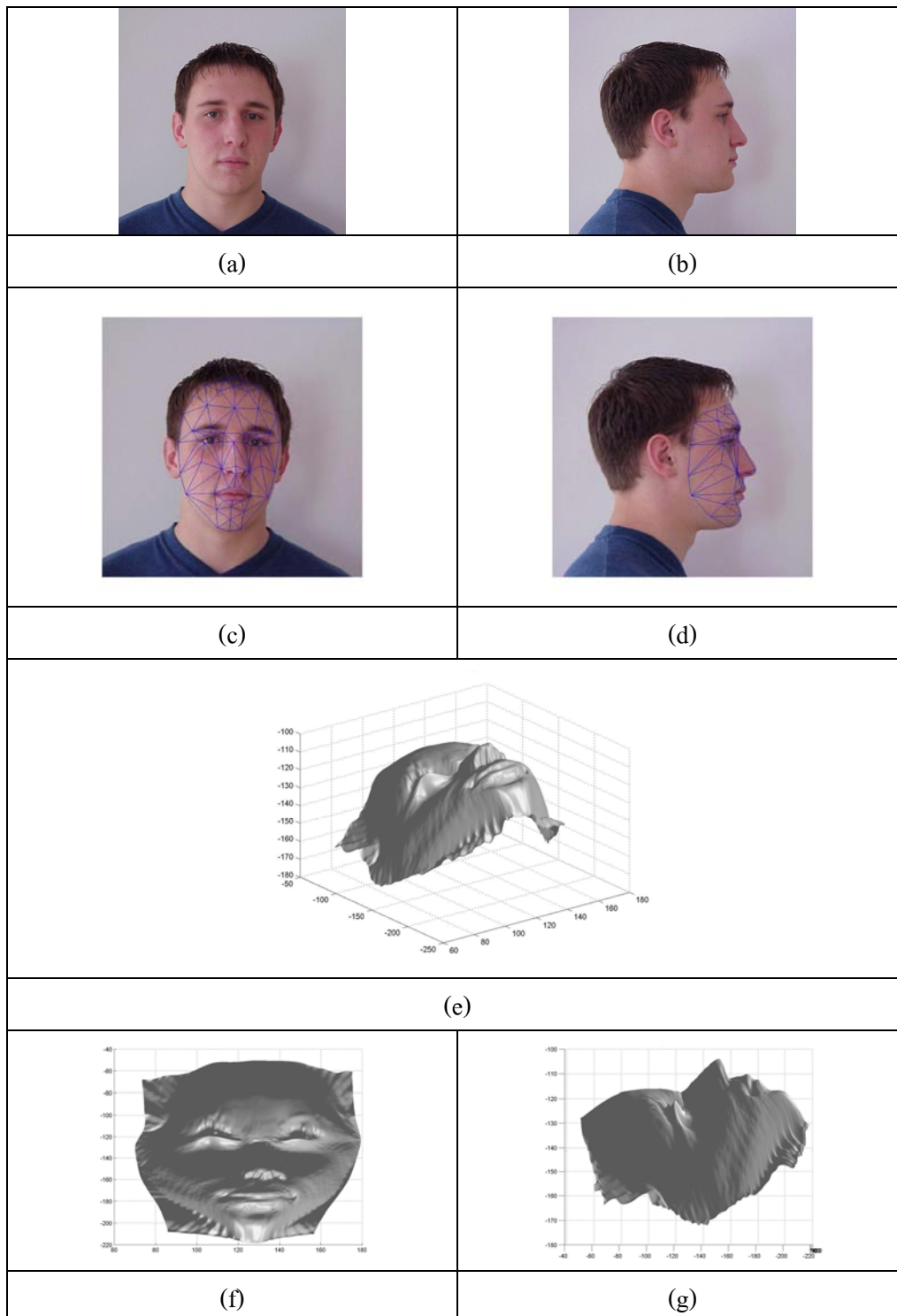
รูปที่ 5.25 ผลการทดลองภาพใบหน้า (13) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



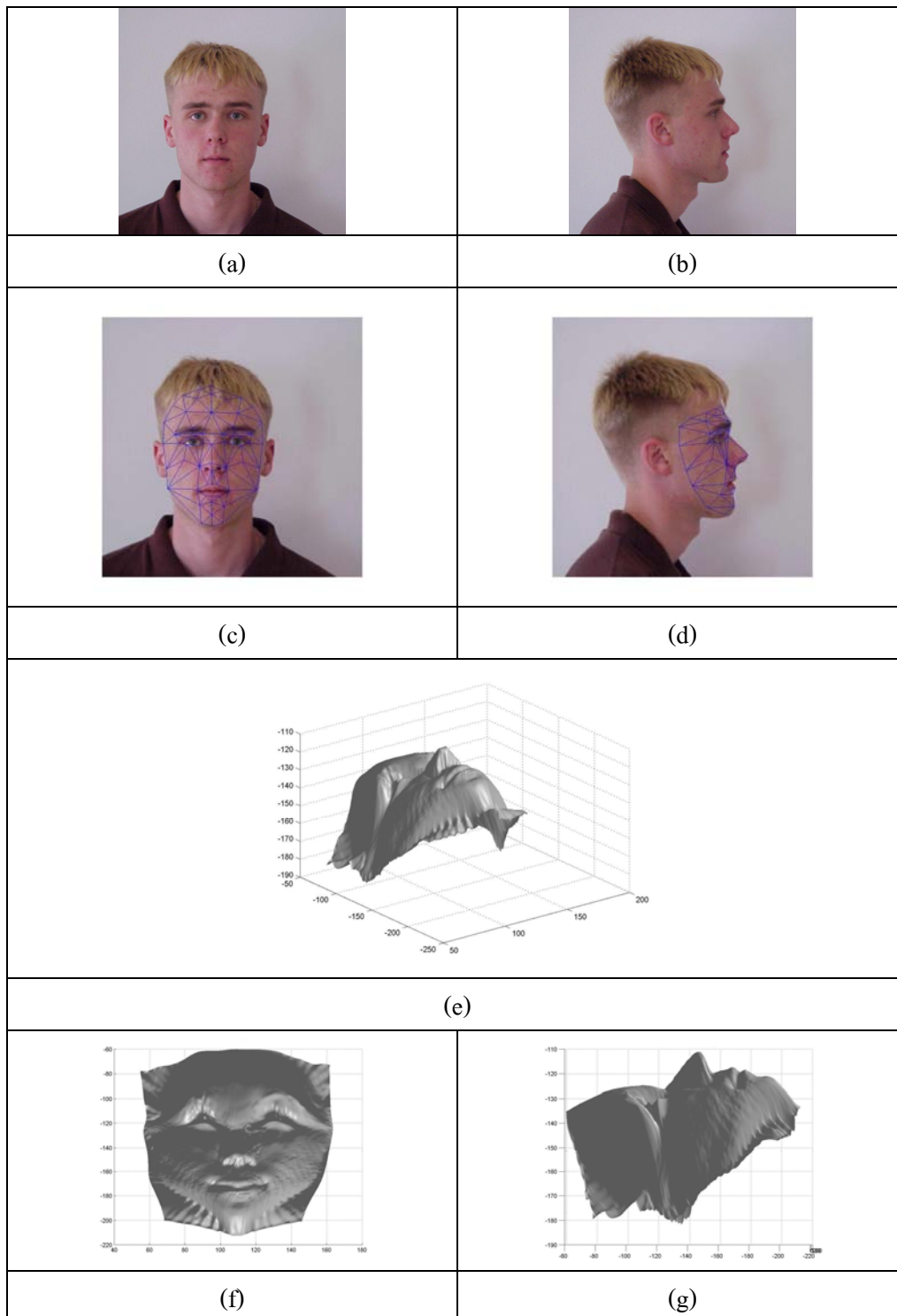
รูปที่ 5.26 ผลการทดลองภาพใบหน้า (14) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



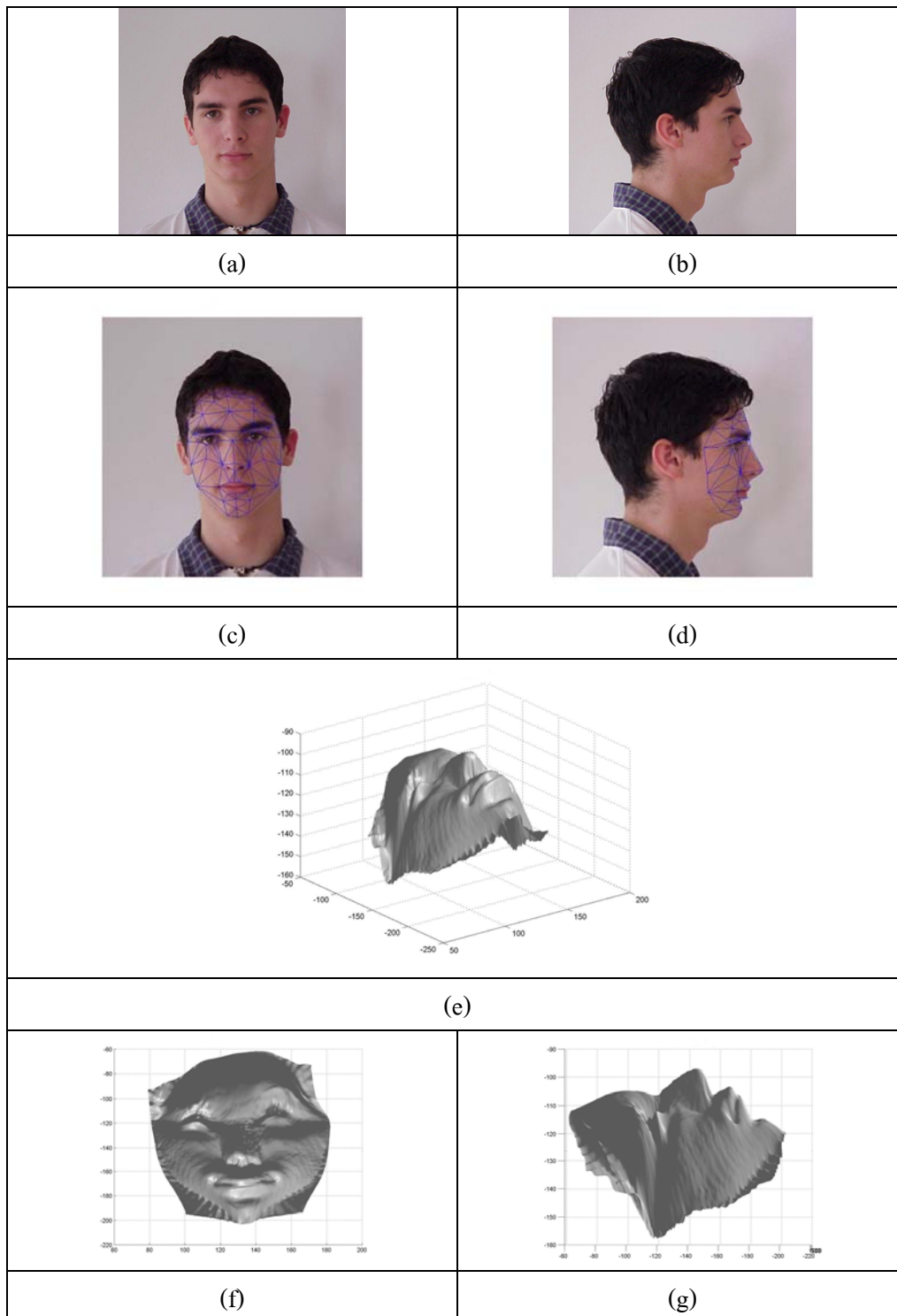
รูปที่ 5.27 ผลการทดลองภาพใบหน้า (15) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



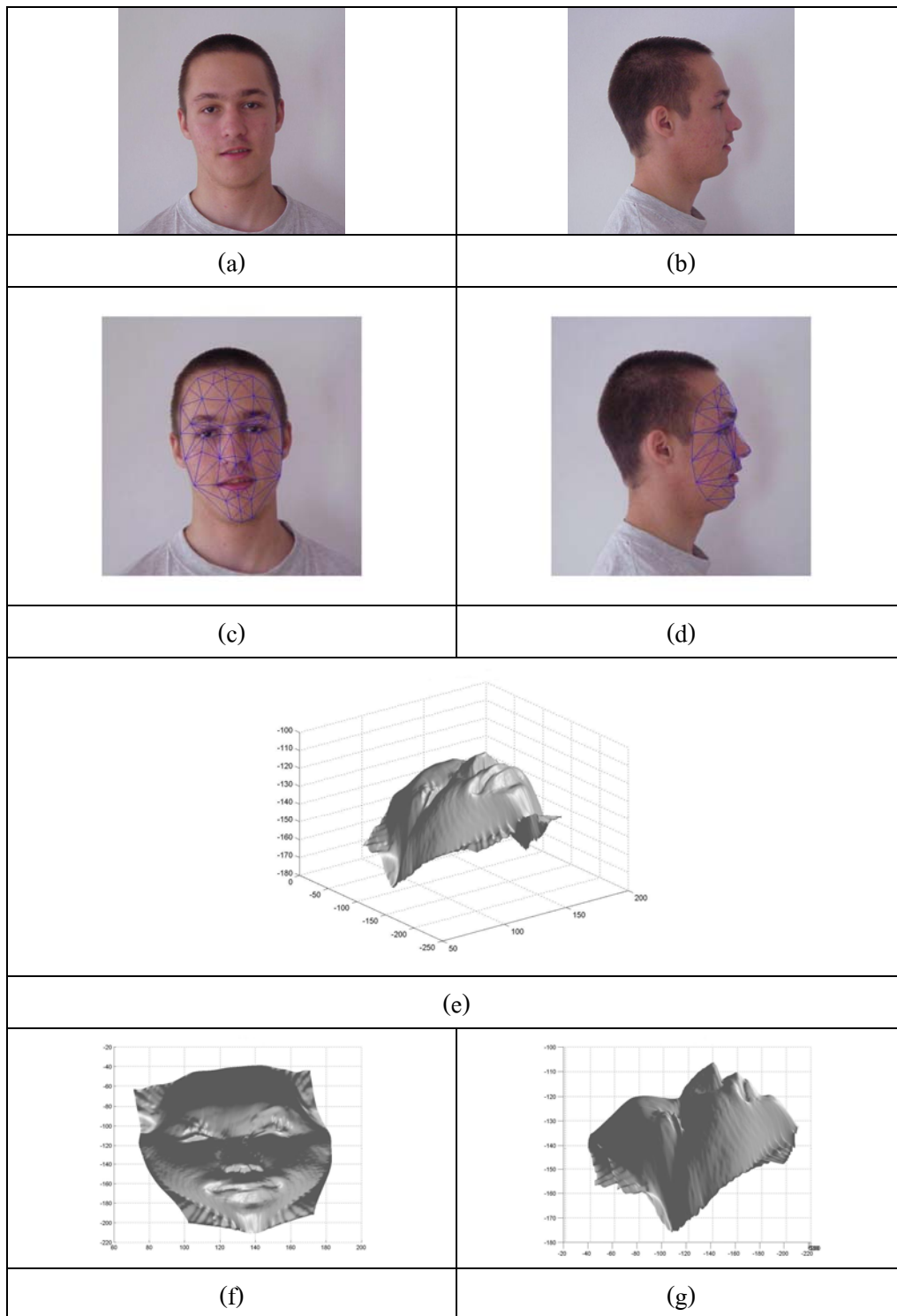
รูปที่ 5.28 ผลการทดลองภาพใบหน้า (16) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



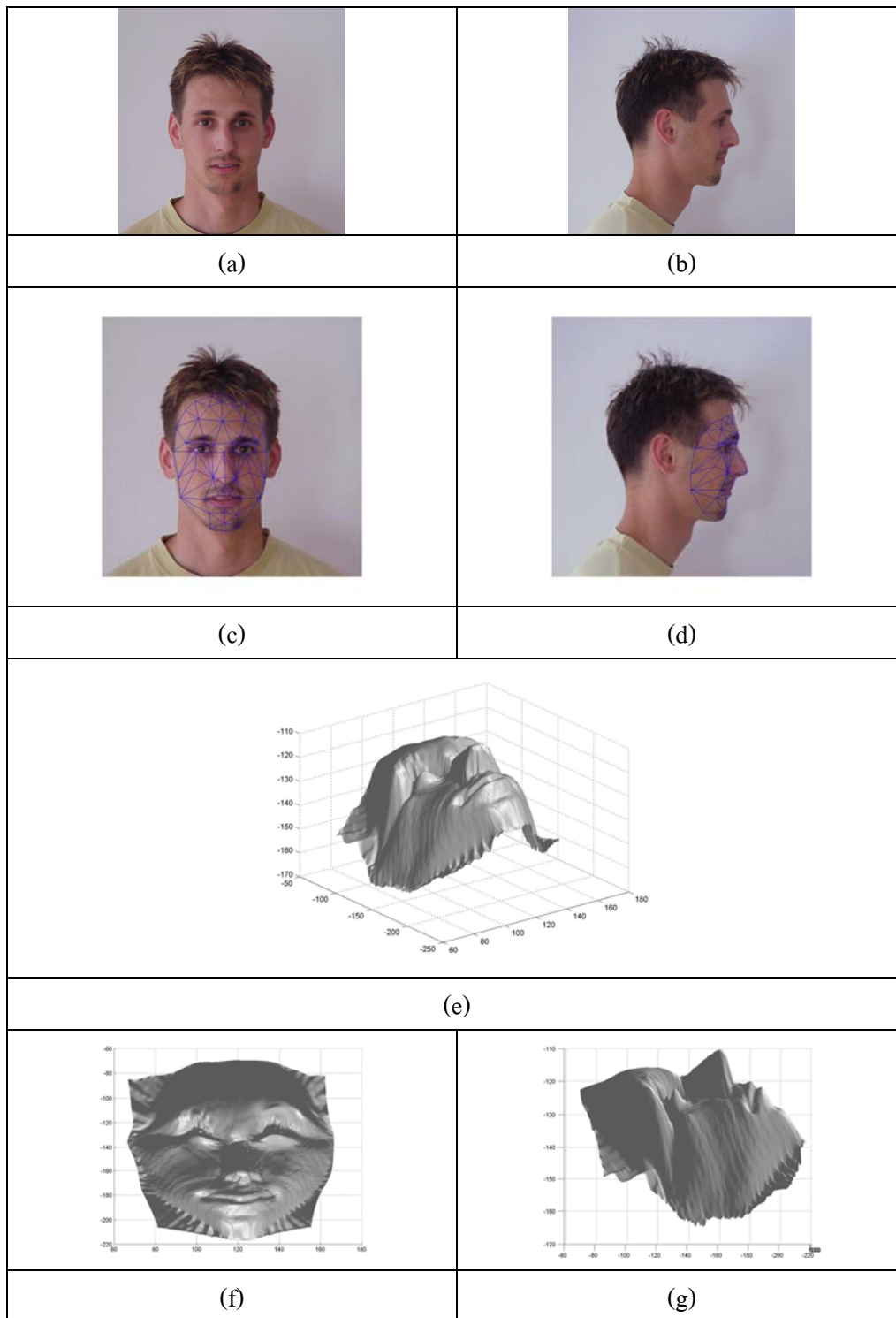
รูปที่ 5.29 ผลการทดลองภาพใบหน้า (17) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



รูปที่ 5.30 ผลการทดลองภาพใบหน้า (18) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



รูปที่ 5.31 ผลการทดลองภาพใบหน้า (19) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย



รูปที่ 5.32 ผลการทดลองภาพใบหน้า (20) (a) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้า
 (b) ภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้าง, (c) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านหน้า
 (d) ภาพ WFM ของเป้าหมายด้านข้าง, (e) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของภาพเป้าหมาย
 (f) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านหน้าของภาพเป้าหมาย
 (g) ภาพแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติด้านข้างของภาพเป้าหมาย

5.3 การวัดความผิดพลาดจากผลการทดลอง

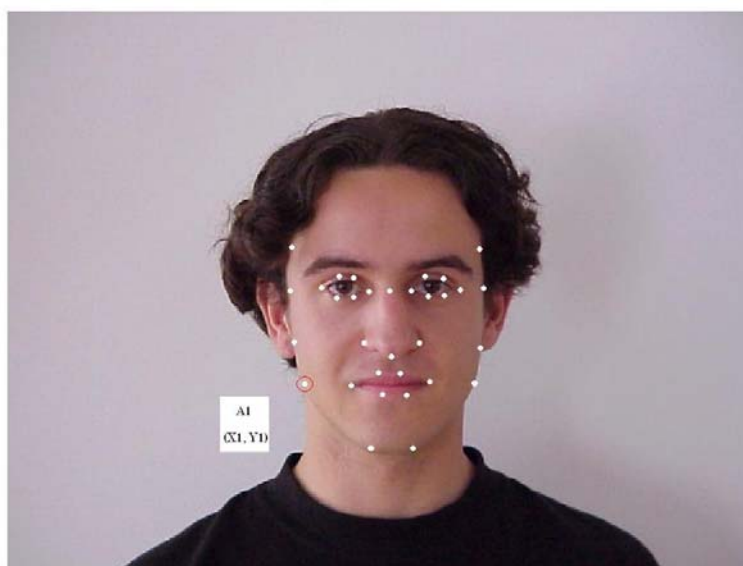
เนื่องจากกระบวนการสร้างแบบจำลองใบหน้าในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ กระบวนการสร้างแบบจำลอง Wire-Frame Model (WFM) และ กระบวนการสร้างแบบจำลอง พื้นผิว (Surface Model) ดังนั้นการวัดค่าความผิดพลาดจึงจะทำการวัดที่กระบวนการทั้ง 2 ช่วงนี้ เช่นกัน โดยการวัดความผิดพลาดจะทำโดยการวัดค่าความถูกต้องของตำแหน่งจุดควบคุมที่ผ่าน กระบวนการสร้างแบบจำลองใบหน้าด้วย Thin-Plate Spline แล้วนำมาเทียบกับตำแหน่งจุดควบคุม ที่เลือกบนภาพใบหน้าเป้าหมายไว้ก่อนแล้ว

การวัดค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลองใบหน้านี้จะทำการวัดทั้งหมด 4 ครั้งคือ

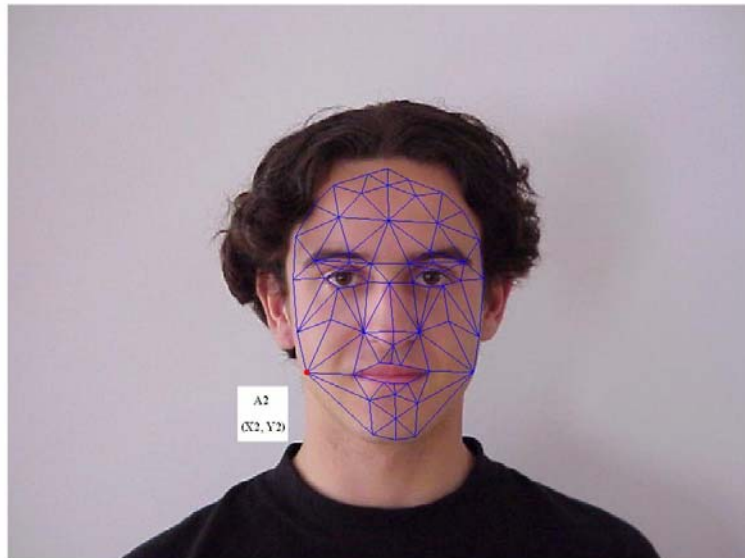
1. ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าที่ด้านหน้า
2. ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าที่ด้านข้าง
3. ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวช่วงการแก้ไขพิกัด (X, Y)
4. ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวช่วงการแก้ไขพิกัด (Y, Z)

5.3.1 ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าที่ด้านหน้า

หากทำการกำหนดให้จุดควบคุมจุดหนึ่งบนใบหน้าภาพเป้าหมายด้านหน้าเป็นจุด A1 โดยมีพิกัดเป็น (X1, Y1) และจุดบนแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าเป้าหมายด้านหน้าที่สอดคล้อง กับจุดที่เลือกไว้เป็นจุด A2 มีพิกัดเป็น (X2, Y2)



รูปที่ 5.33 ภาพแสดงตำแหน่งจุด A1 ซึ่งจะทำการหาค่าความผิดพลาด



รูปที่ 5.34 ภาพแสดงตำแหน่งจุด A2 ซึ่งจะทำให้การหาความผิดพลาด

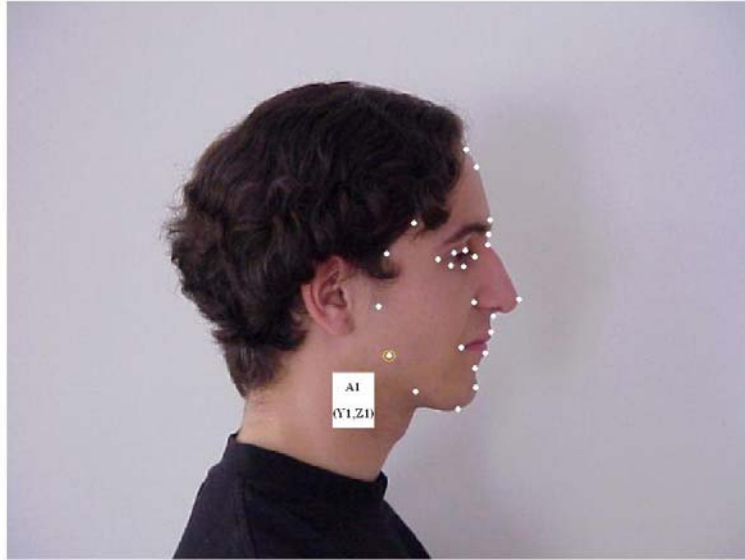
การหาความผิดพลาดสามารถทำการคำนวณได้โดยสมการนี้

$$error(\%) = \frac{\sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2}}{\sqrt{X1^2 + Y1^2}} \times 100$$

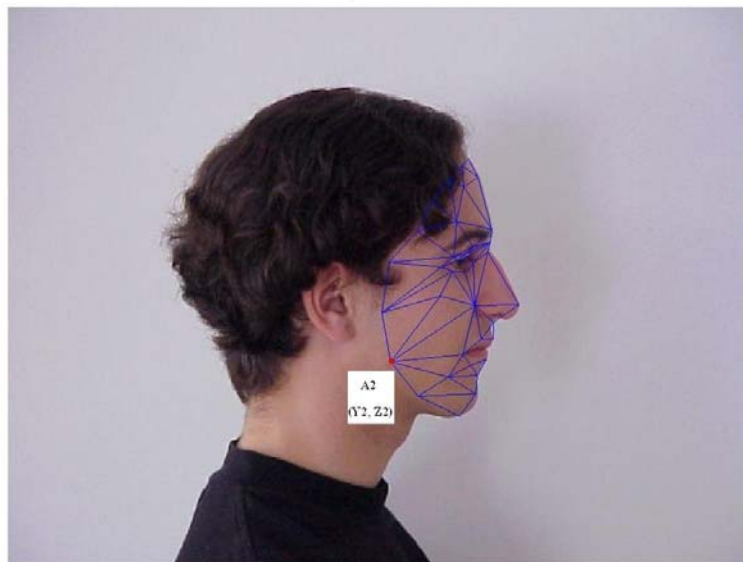
การหาความผิดพลาดนี้จะทำการคำนวณโดยวิธีเดียวกันกับจุดควบคุมทุกจุดเพื่อหาความผิดพลาดเฉลี่ยและ ค่าความผิดพลาดสูงสุด โดยในกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าด้านหน้ามีจำนวนทั้งหมด 32 จุด

5.3.2 ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าด้านข้าง

ในกรณีของใบหน้าด้านข้างนั้นการหาความผิดพลาดจะมีกระบวนการแบบเดียวกับกรณีของใบหน้าด้านหน้าแต่จะคำนวณโดยใช้พิกัด (Y, Z) แทนพิกัด (X, Y) โดยจะทำการกำหนดให้จุดควบคุมจุดหนึ่งบนใบหน้าภาพเป้าหมายด้านข้างเป็นจุด A1 โดยมีพิกัดเป็น (Y1, Z1) และจุดบนแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าเป้าหมายด้านข้างที่สอดคล้องกับจุดที่เลือกไว้เป็นจุด A2 มีพิกัดเป็น (X2, Y2) โดยในกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าด้านหน้ามีจำนวนทั้งหมด 25 จุด



รูปที่ 5.35 ภาพแสดงตำแหน่งจุด A1 ของใบหน้าด้านข้าง



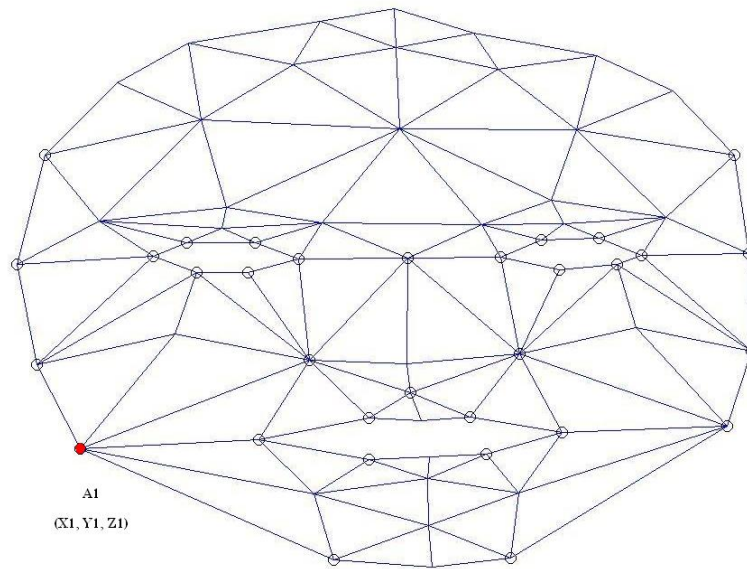
รูปที่ 5.36 ภาพแสดงตำแหน่งจุด A2 ของใบหน้าด้านข้าง

การหาค่าความผิดพลาดสามารถทำการคำนวณได้โดยสมการนี้

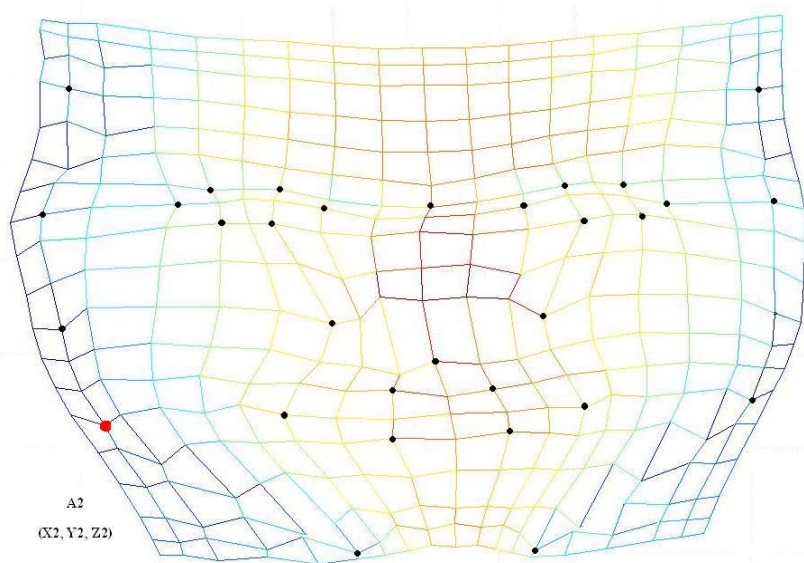
$$error(\%) = \frac{\sqrt{(Z1 - Z2)^2 + (Y1 - Y2)^2}}{\sqrt{(Z1^2 + Y1^2)}} \times 100$$

5.3.3 ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวช่วงการแก้ไขพิกัด (X, Y)

ให้จุด A1 เป็นจุดควบคุมบนแบบจำลอง WFM 3 มิติของภาพใบหน้าเป่าหยาซึ่งมีพิกัดเป็น (X_1, Y_1, Z_1) และ A2 เป็นจุดสอดคล้องเดียวกันบนแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติที่ผ่านการแก้ไขพิกัด (X, Y) แล้วมีพิกัดเป็น (X_2, Y_2, Z_2) โดยกระบวนการในช่วงนี้มีจุดควบคุมทั้งหมด 32 จุด เนื่องจากกระบวนการในช่วงนี้ได้ทำการแก้ไขพิกัดแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติที่พิกัดของ X และ Y เท่านั้นการหาค่าความผิดพลาดจึงทำการคำนวณโดยพิกัดของส่วน X และ Y เท่านั้นซึ่งมีสมการการหาค่าความผิดพลาดเหมือนกับสมการที่ใช้ช่วงการสร้างแบบจำลอง WFM ด้านหน้า



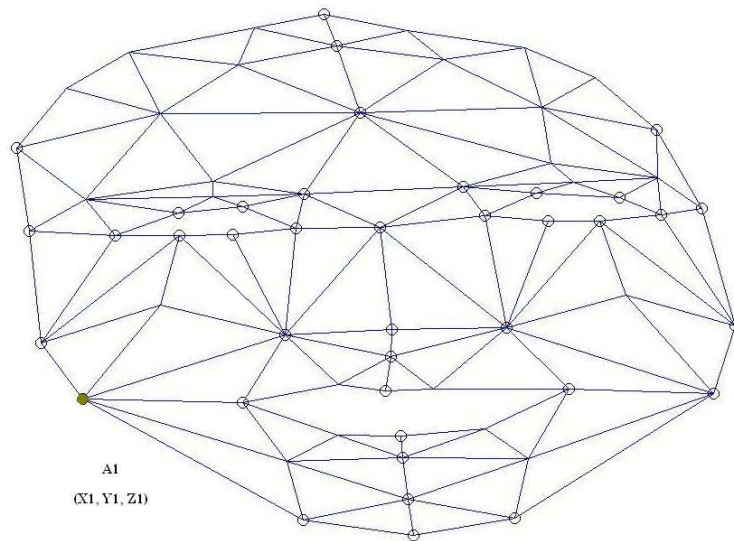
รูปที่ 5.37 ภาพแสดงตำแหน่งจุด A1 บนแบบจำลอง WFM ของใบหน้าเป่าหยา



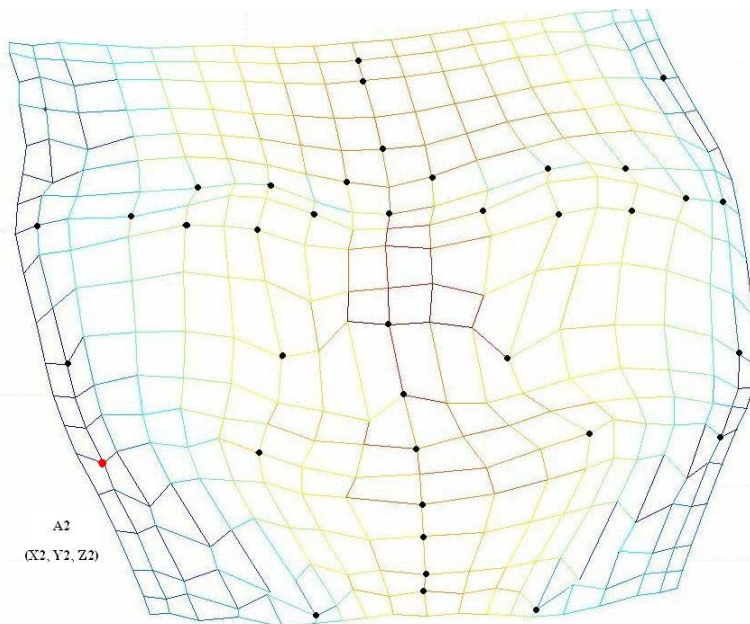
รูปที่ 5.38 ภาพแสดงตำแหน่งจุด A2 บนแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของใบหน้าเป่าหยา

5.3.4 ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวช่วงการแก้ไขพิกัด (Y, Z)

การหาความผิดพลาดของกระบวนการช่วงนี้จะคำนวณที่พิกัด Y และ Z โดยให้จุด A1 เป็นจุดควบคุมบนแบบจำลอง WFM 3 มิติของภาพใบหน้าเป้าหมายซึ่งมีพิกัดเป็น (X1, Y1, Z1) และ A2 เป็นจุดสอดคล้องเดียวกันบนแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติที่ผ่านการแก้ไขพิกัด (Y, Z) แล้วมีพิกัดเป็น (X2, Y2, Z2) โดยกระบวนการในช่วงนี้มีจุดควบคุมทั้งหมด 39 จุด สมการการหาความผิดพลาดเหมือนกับสมการที่ใช้ช่วงการสร้างแบบจำลอง WFM ด้านข้าง



รูปที่ 5.39 ภาพแสดงตำแหน่งจุด A1 บนแบบจำลอง WFM ของใบหน้าเป้าหมาย



รูปที่ 5.40 ภาพแสดงตำแหน่งจุด A2 บนแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของใบหน้าเป้าหมาย

ตารางที่ 5.3 ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าด้านหน้า

รูปที่	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (%)	ค่าความผิดพลาดสูงสุด (%)	รูปที่	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (%)	ค่าความผิดพลาดสูงสุด (%)
1	1.4147	2.1777	11	1.5863	2.5766
2	1.092	1.2433	12	0.86071	2.0586
3	0.69455	1.9495	13	0.49485	0.86249
4	1.7286	3.6422	14	1.3419	2.4045
5	0.47334	1.2638	15	0.94765	2.8515
6	1.0723	1.4678	16	1.0746	1.9751
7	0.55191	0.65712	17	1.4374	3.145
8	1.7224	2.3155	18	0.29132	1.6126
9	0.51014	1.6956	19	1.3182	3.5442
10	0.56141	1.8385	20	0.69455	1.9495

ตารางที่ 5.4 ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง WFM ของภาพใบหน้าด้านข้าง

รูปที่	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (%)	ค่าความผิดพลาดสูงสุด (%)	รูปที่	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (%)	ค่าความผิดพลาดสูงสุด (%)
1	0.36502	1.1866	11	0.87414	2.0358
2	0.40266	2.0486	12	0.54275	1.4991
3	0.82109	3.5936	13	0.56343	1.7617
4	0.77701	1.8875	14	0.99721	4.4351
5	0.67948	0.75454	15	1.009	3.2002
6	0.4392	1.3377	16	0.64018	1.36
7	0.30361	0.7009	17	0.27968	0.96341
8	0.95608	3.875	18	0.40538	0.59368
9	0.44757	0.51649	19	0.33605	1.0358
10	0.42706	2.2016	20	0.51172	1.4755

ตารางที่ 5.5 ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวช่วงการแก้ไขพิกัด (X, Y)

รูปที่	ค่าความ ผิดพลาด เฉลี่ย (%)	ค่าความ ผิดพลาด สูงสุด (%)	รูปที่	ค่าความ ผิดพลาด เฉลี่ย (%)	ค่าความ ผิดพลาด สูงสุด (%)
1	1.4147	2.1777	11	1.5863	2.5766
2	1.092	1.2433	12	0.86071	2.0586
3	0.69455	1.9495	13	0.49485	0.86249
4	1.7286	3.6422	14	1.3419	2.4045
5	0.47334	1.2638	15	0.94765	2.8515
6	1.0723	1.4678	16	1.0746	1.9751
7	0.55191	0.65712	17	1.4374	3.145
8	1.7224	2.3155	18	0.29132	1.6126
9	0.51014	1.6956	19	1.3182	3.5442
10	0.56141	1.8385	20	0.69455	1.9495

ตารางที่ 5.6 ค่าความผิดพลาดของกระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวช่วงการแก้ไขพิกัด (Y, Z)

รูปที่	ค่าความ ผิดพลาด เฉลี่ย (%)	ค่าความ ผิดพลาด สูงสุด (%)	รูปที่	ค่าความ ผิดพลาด เฉลี่ย (%)	ค่าความ ผิดพลาด สูงสุด (%)
1	0.36502	1.1866	11	0.87414	2.0358
2	0.40266	2.0486	12	0.54275	1.4991
3	0.82109	3.5936	13	0.56343	1.7617
4	0.77701	1.8875	14	0.99721	4.4351
5	0.67948	0.75454	15	1.009	3.2002
6	0.4392	1.3377	16	0.64018	1.36
7	0.30361	0.7009	17	0.27968	0.96341
8	0.95608	3.875	18	0.40538	0.59368
9	0.44757	0.51649	19	0.33605	1.0358
10	0.42706	2.2016	20	0.51172	1.4755