

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

6.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองของสร้างภาพ 3 มิติด้วยวิธีการปรับเทียบกล้อง โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนหลักก็คือการทดลองสร้างภาพ 3 มิติด้วยการจำลองข้อมูลโปรเจกชันจากแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ และทดลองสร้างภาพ 3 มิติจากการเก็บข้อมูลโปรเจกชันจากวัตถุจริง

6.2 การทดลองโดยการจำลองวัตถุจากคอมพิวเตอร์

ในการทดลองนี้ได้เลือกทำการทดลองกับแบบจำลองวัตถุทรงสี่เหลี่ยมซึ่งมีขนาด 100X100X100 วอกเซล ซึ่งในการทดลองเราจะทำการหาค่าความผิดพลาดและเวลาที่ใช้ในการสร้างของแบบจำลอง 3 มิติที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการของการสร้างภาพตัดขวางด้วยวิธีการปรับเทียบกล้องกับแบบจำลอง 3 มิติที่เป็นต้นแบบว่ามีค่าความผิดพลาดเท่าไรและใช้เวลาไปเท่าไร เมื่อจำนวนโปรเจกชันมีค่าเปลี่ยนแปลง และสุดท้ายเราจะทำการเปรียบเทียบผลของแบบจำลอง 3 มิติที่ได้จากวิธีการปรับเทียบกล้องกับวิธีของ Cone beam

โดยวิธีในการหาค่าความผิดพลาดนั้นเราจะใช้สมการของ Mean-Square-Error (MSE) ในการหาค่าความผิดพลาดจะเป็นการหาค่าความผิดพลาดตำแหน่งของวัตถุ โดยสมการของ Mean-Square-Error (MSE) จะถูกแสดงดังสมการที่ (6.1)

$$MSE(\%) = \frac{\iiint [f(x, y, z) - f'(x, y, z)]^2 dx dy dz}{\iiint [f(x, y, z)]^2 dx dy dz} \times 100 \quad (6.1)$$

โดยที่

$f(x, y, z)$ คือภาพต้นฉบับ

$f'(x, y, z)$ คือภาพตัดขวางที่ต้องการหาค่าความผิดพลาด

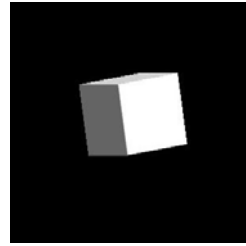
x คือขอบเขตที่สนใจในแกน x

y คือขอบเขตที่สนใจในแกน y

z คือขอบเขตที่สนใจในแกน z



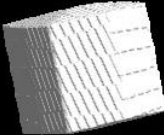
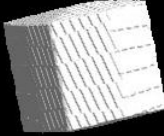
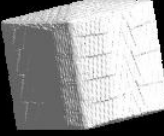
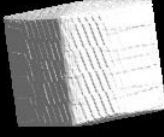
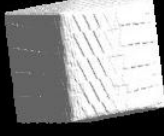
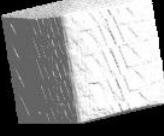
(ก)

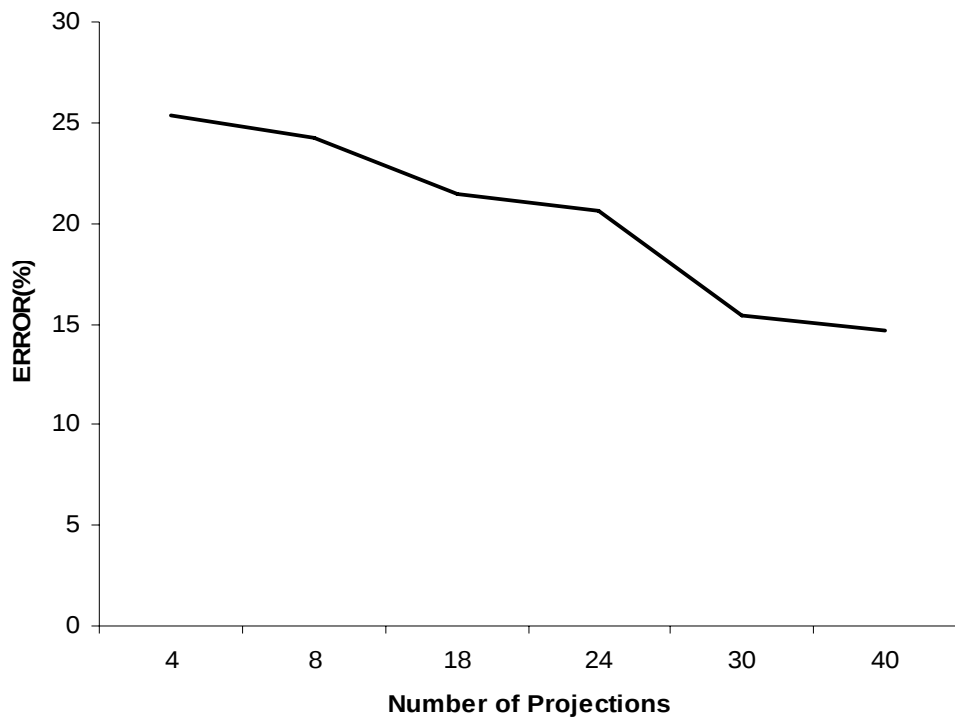


(ข)

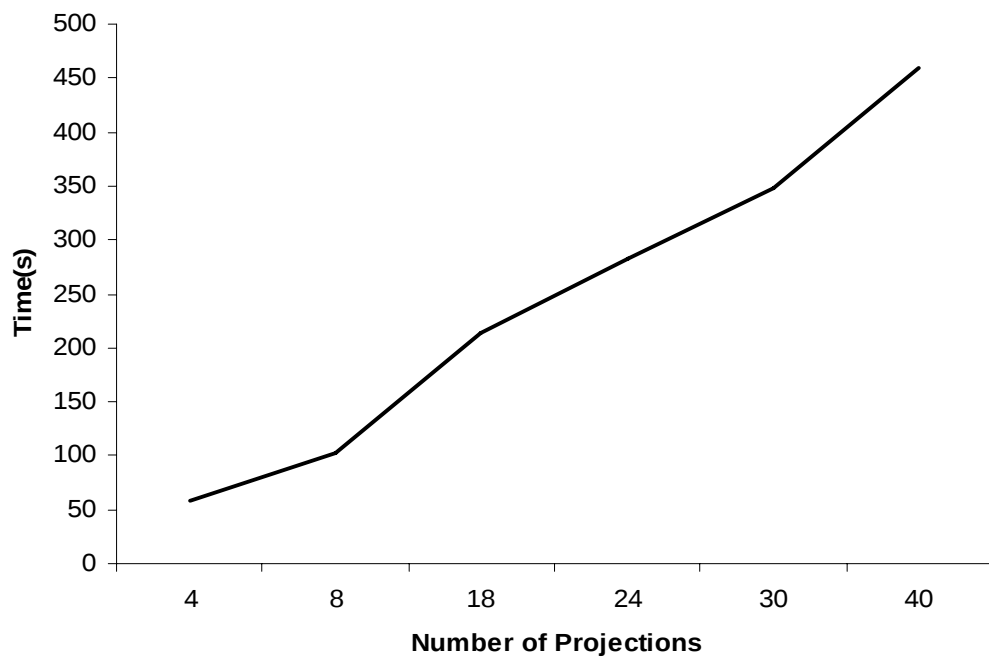
รูปที่ 6.1 (ก) แสดงภาพตัดขวางของแบบจำลองที่เราใช้ในการทดสอบ (ข) แสดงแบบจำลอง 3 มิติ
หลังผ่านกระบวนการเรนเดอร์ริงของแบบจำลองที่เราใช้ทดสอบ

ตารางที่ 6.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและเวลากับจำนวนโปรเจกชันที่เปลี่ยนแปลง

จำนวน โปรเจกชัน	แบบจำลอง 3 มิติ	ค่าความผิดพลาด (%)	เวลา (s)
4		25.4	58.7
8		24.25	103.2
18		21.48	214.5
24		20.61	281.9
30		15.44	348.1
40		14.7	460

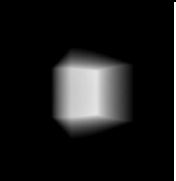
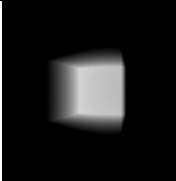
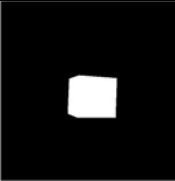
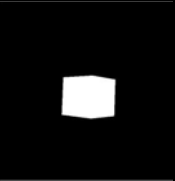
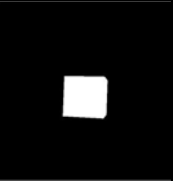
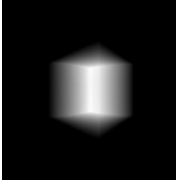
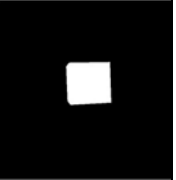
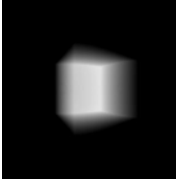
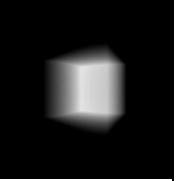
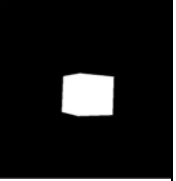
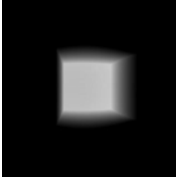
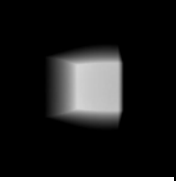
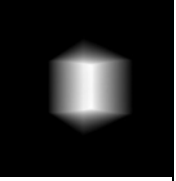
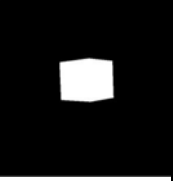
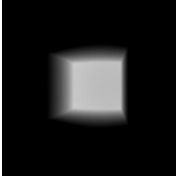
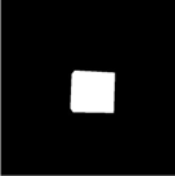
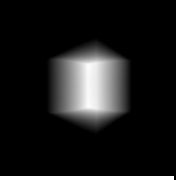
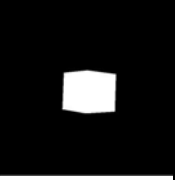
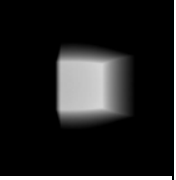


รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโปรเจกชันที่เปลี่ยนแปลงกับค่าความผิดพลาด

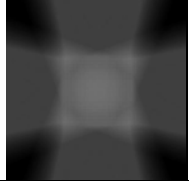
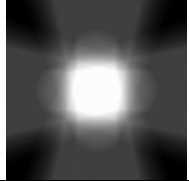
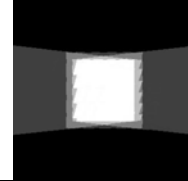
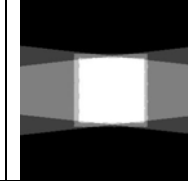
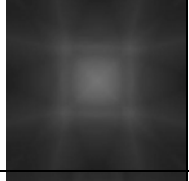
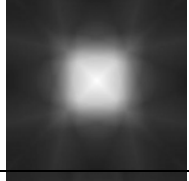
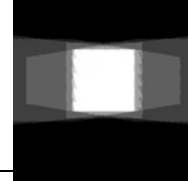
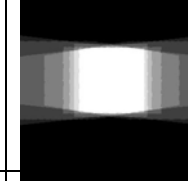
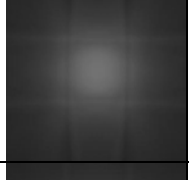
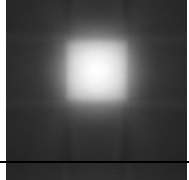
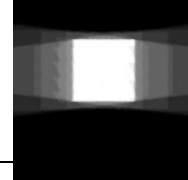
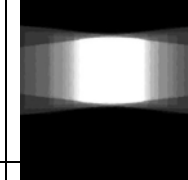
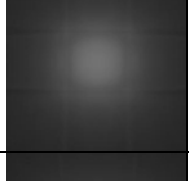
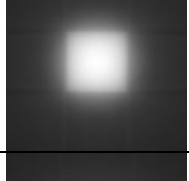
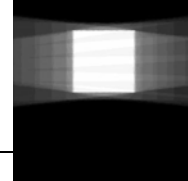
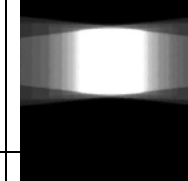
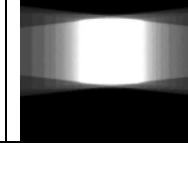


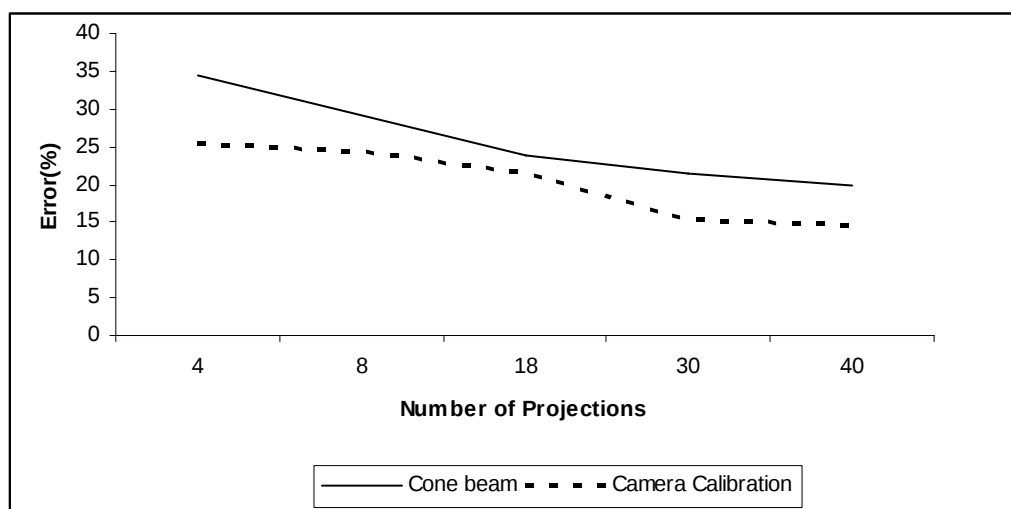
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโปรเจกชันที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา

ตารางที่ 6.2 แสดงข้อมูลโปรเจกชันของวิธี Cone beam กับวิธีของ Camera Calibration

Cone beam	Camera Calibration	Cone beam	Camera Calibration	Cone beam	Camera Calibration
					
โปรเจกชัน 1	โปรเจกชัน 1	โปรเจกชัน 7	โปรเจกชัน 7	โปรเจกชัน 13	โปรเจกชัน 13
					
โปรเจกชัน 2	โปรเจกชัน 2	โปรเจกชัน 8	โปรเจกชัน 8	โปรเจกชัน 14	โปรเจกชัน 14
					
โปรเจกชัน 3	โปรเจกชัน 3	โปรเจกชัน 9	โปรเจกชัน 9	โปรเจกชัน 15	โปรเจกชัน 15
					
โปรเจกชัน 4	โปรเจกชัน 4	โปรเจกชัน 10	โปรเจกชัน 10	โปรเจกชัน 16	โปรเจกชัน 16
					
โปรเจกชัน 5	โปรเจกชัน 5	โปรเจกชัน 11	โปรเจกชัน 11	โปรเจกชัน 17	โปรเจกชัน 17
					
โปรเจกชัน 6	โปรเจกชัน 6	โปรเจกชัน 12	โปรเจกชัน 12	โปรเจกชัน 18	โปรเจกชัน 18

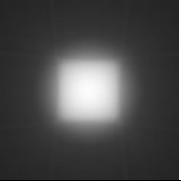
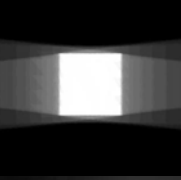
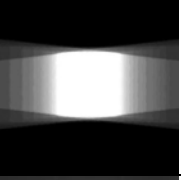
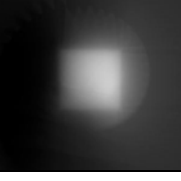
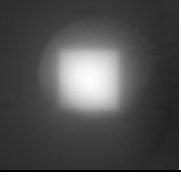
ตารางที่ 6.3 แสดงค่าความผิดพลาดของ Camera Calibration เปรียบเทียบกับวิธีของ Cone beam

จำนวน โปรเจกชัน	Cone beam		Camera Calibration		ค่าความผิดพลาด (%)	
	ชั้นที่ 100	ชั้นที่ 180	ชั้นที่ 100	ชั้นที่ 180	Cone beam	Camera Calibration
4					34.56	25.4
8					29.03	24.25
18					23.94	21.48
30					21.42	15.44
40					19.9	14.7



รูปที่ 6.4 กราฟแสดงค่าความผิดพลาดของ Camera Calibration เปรียบเทียบกับวิธีของ Cone beam

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าความผิดพลาดของ Camera Calibration, Cone beam และ Spiral Cone beam ที่จำนวนโปรเจกชัน 40 โปรเจกชัน

	ชั้นที่ 100	ชั้นที่180	ค่าความผิดพลาด (%)
Cone beam			19.9
Camera Calibration			14.7
Spiral Cone beam			14

6.3 การทดลองสร้างแบบจำลอง 3มิติจากวัตถุจริง

การทดลองสร้างแบบจำลอง 3มิตินี้จะทำการทดลองกับข้อมูลโปรเจกชันที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลรอบๆ วัตถุซึ่งในการทดลองนี้เราจะทำการหาค่าความผิดพลาดของวัตถุจริงกับแบบจำลอง 3มิติที่สร้างขึ้นมาโดยค่าความผิดพลาดจะเป็นค่าความผิดพลาดของปริมาตรของวัตถุจริงกับแบบจำลอง 3มิติ โดยเราจะใช้สมการที่(6.2)

$$Error(\%) = \frac{|True - Estimated|}{True} \times 100 \quad (6.2)$$

โดยที่

True คือค่าปริมาตรของวัตถุจริง

Estimated คือค่าปริมาตรของแบบจำลอง 3มิติที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการปรับเทียบกล้อง

ในการวัดค่าความผิดพลาดจะทำการหาค่าปริมาตรของแบบจำลอง 3มิติที่เราสร้างขึ้นมานั้นเราจะใช้สมการที่ (6.3) ในการหาค่าปริมาตรและในการหาปริมาตรของวัตถุจริงเราใช้วิธีการโดยนำวัตถุที่ต้องการจะทราบค่าปริมาตรแช่ลงในน้ำแล้วนำปริมาณน้ำที่ล้นออกมาหาค่าปริมาตร

$$Volume = N \times ScaleFactor \quad (6.3)$$

โดยที่

N คือจำนวนวอกเซลที่มีค่ามากกว่าค่าระดับเทรชโฮลด์

Scale Factor คือค่าอัตราส่วนปริมาณทางกายภาพของวอกเซล

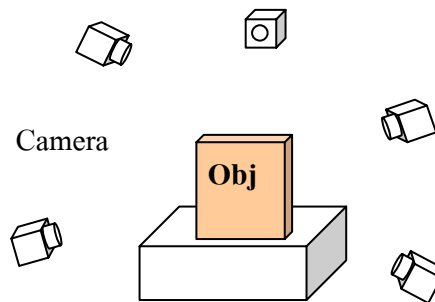
โดยอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลโปรเจกชันจะประกอบด้วยกล่องอ้างอิงขนาดกว้าง 18 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ซึ่งลักษณะของกล่องจะเป็นกล่องพลาสติกใสเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูป 6.5 กล่องดิจิทัลจะเป็นกล่องดิจิทัลแบบต่างๆไป



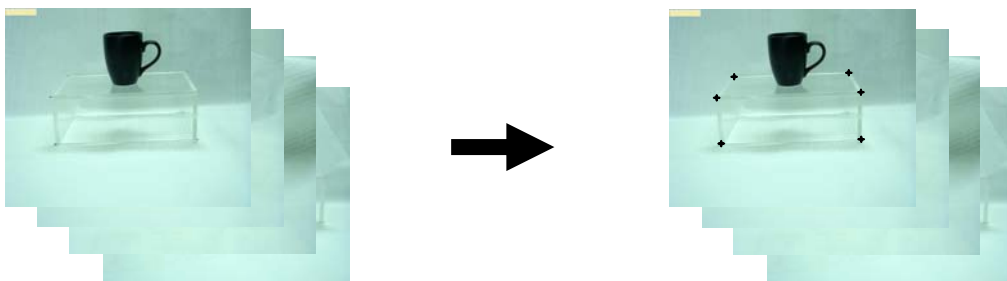
รูปที่ 6.5 กล่องอ้างอิง

ขั้นตอนในการทดลอง

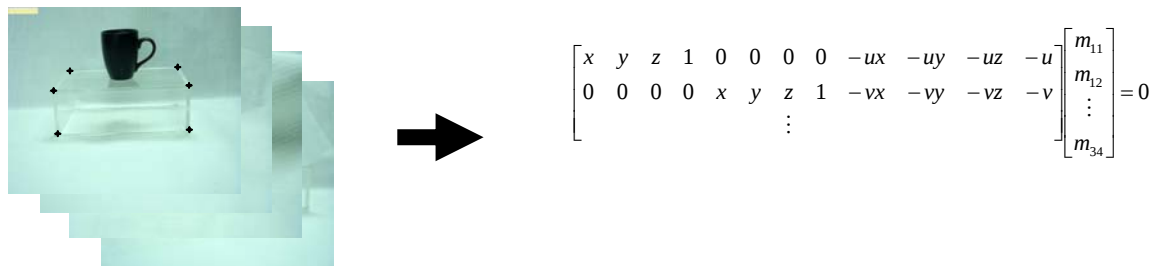
1. เก็บภาพรอบวัตถุโดยใช้กล้องถ่ายภาพรอบวัตถุ



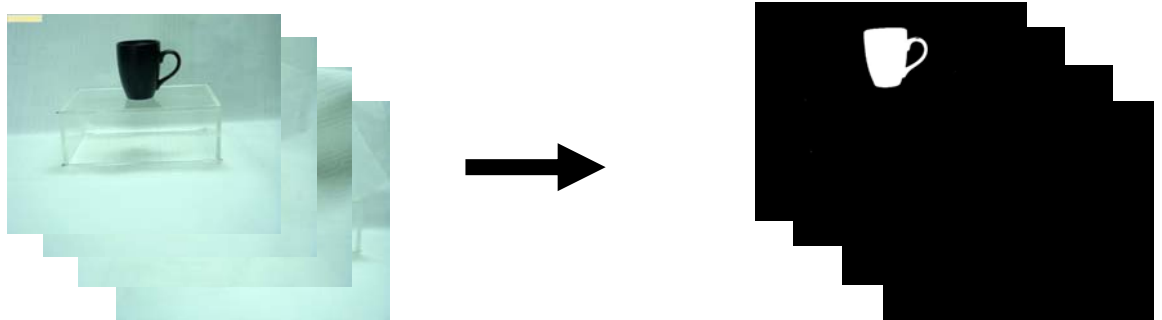
2. นำข้อมูลโปรเจกชันที่ได้มาทำการกำหนดจุดอ้างอิงจากกล่องอ้างอิง



3. ทำการหาค่าเมทริกซ์ M จากข้อมูลในแต่ละโปรเจกชัน



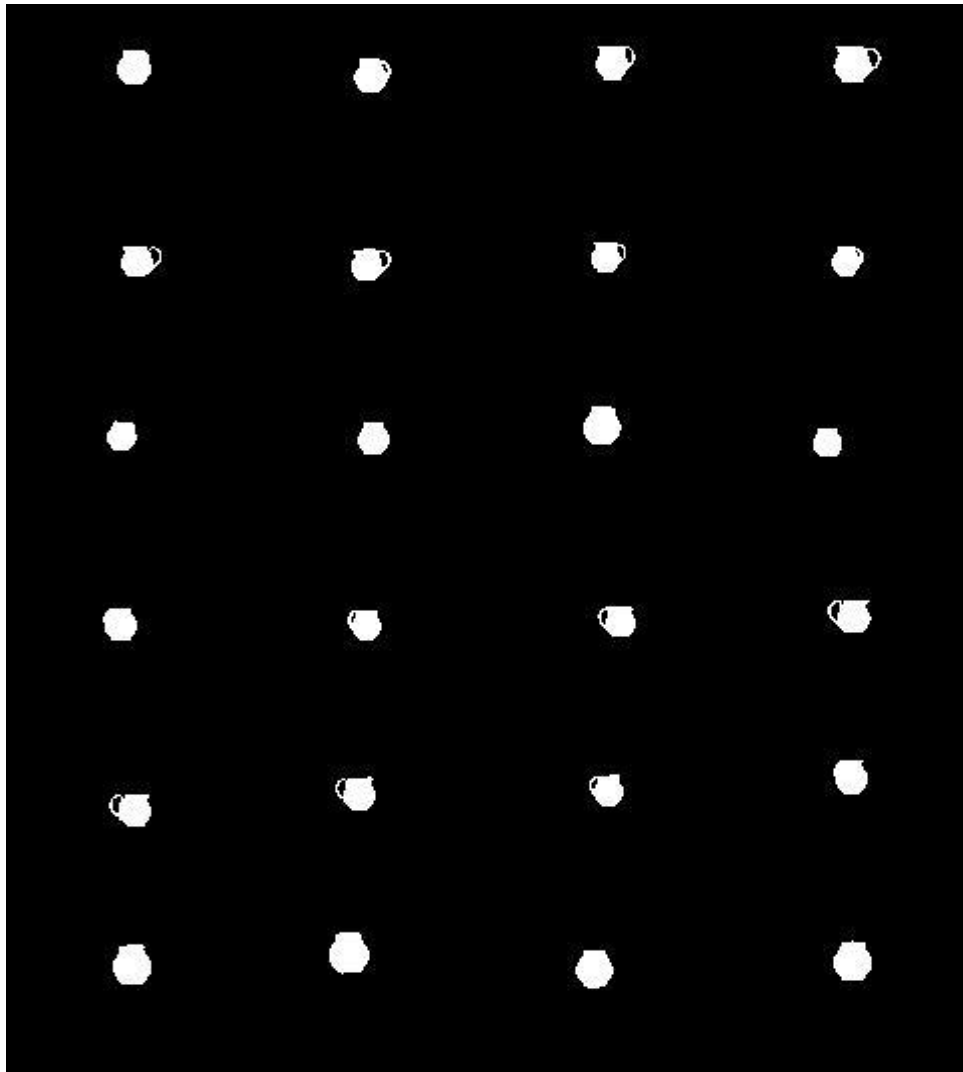
4. นำข้อมูลโปรเจกชันที่ได้มาเปลี่ยนให้เป็นระบบไบนารี



5. ทำการสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากข้อมูลโปรเจกชันและค่าเมทริกซ์ M ที่หาได้โดยใช้สมการในการปรับเทียบกล้อง (5.12) มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

ตารางที่ 6.5 แสดงความผิดพลาดปริมาตรของวัตถุจริงกับแบบจำลอง 3 มิติที่เราสร้างขึ้น

แบบจำลอง	จำนวนโปรเจกชัน	อัตราส่วนปริมาตรทางกายภาพ (cm ³ /voxel)	ปริมาตรของวัตถุจริง (cm ³)	ปริมาตรของแบบจำลอง 3 มิติ (cm ³)	ค่าความผิดพลาด (%)
เหยือกน้ำ	24	1×10 ⁻³	415	453	9.2
กาน้ำ	24	1×10 ⁻³	710	827.252	16.5
สุนัข	24	1×10 ⁻³	400	483.248	20.1
หมู	24	1×10 ⁻³	924	1017.643	10.1
แก้ว	40	1×10 ⁻³	510	483	5.3



รูปที่ 6.6 แสดงข้อมูลโปรเจกชันวัตถุรูปเหยือกน้ำ



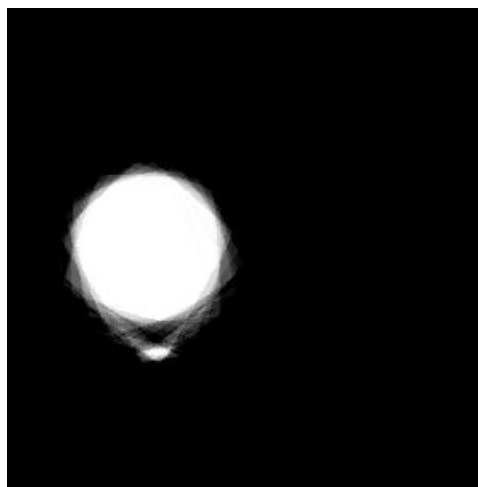
(ก)



(ข)



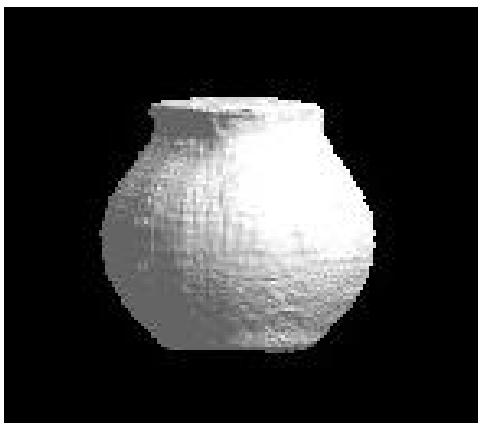
(ค)



(ง)

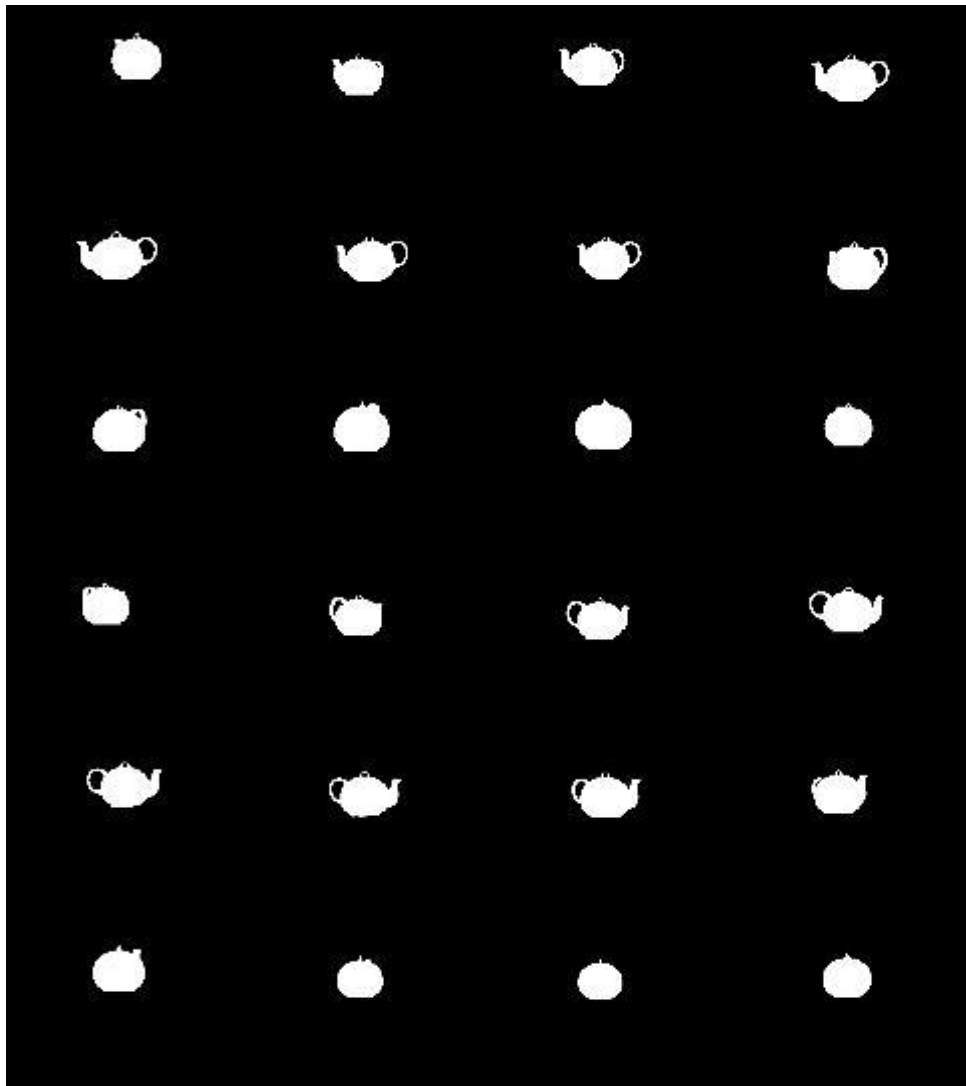


(จ)



(ฉ)

รูปที่ 6.7 (ก , ข) แสดงรูปของวัตถุจริง (ค) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 110 (ง) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 150 (จ) แสดงแบบจำลอง 3 มิติหลังผ่านกระบวนการเร็นเดอร์ริง(Az -80 , El 179 , Tw 0) และ (Az -4 , El 181 , Tw 0)



รูปที่ 6.8 แสดงข้อมูลโปรเจกชันวัตถุรูปกาน้ำ



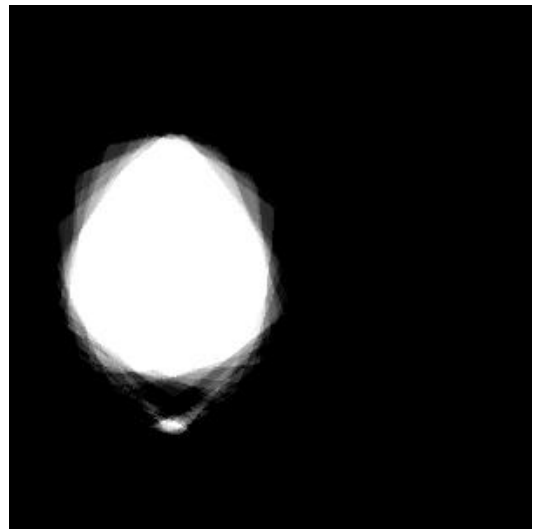
(ก)



(ข)



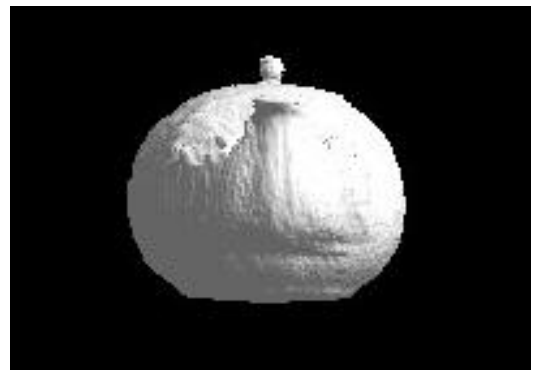
(ค)



(ง)

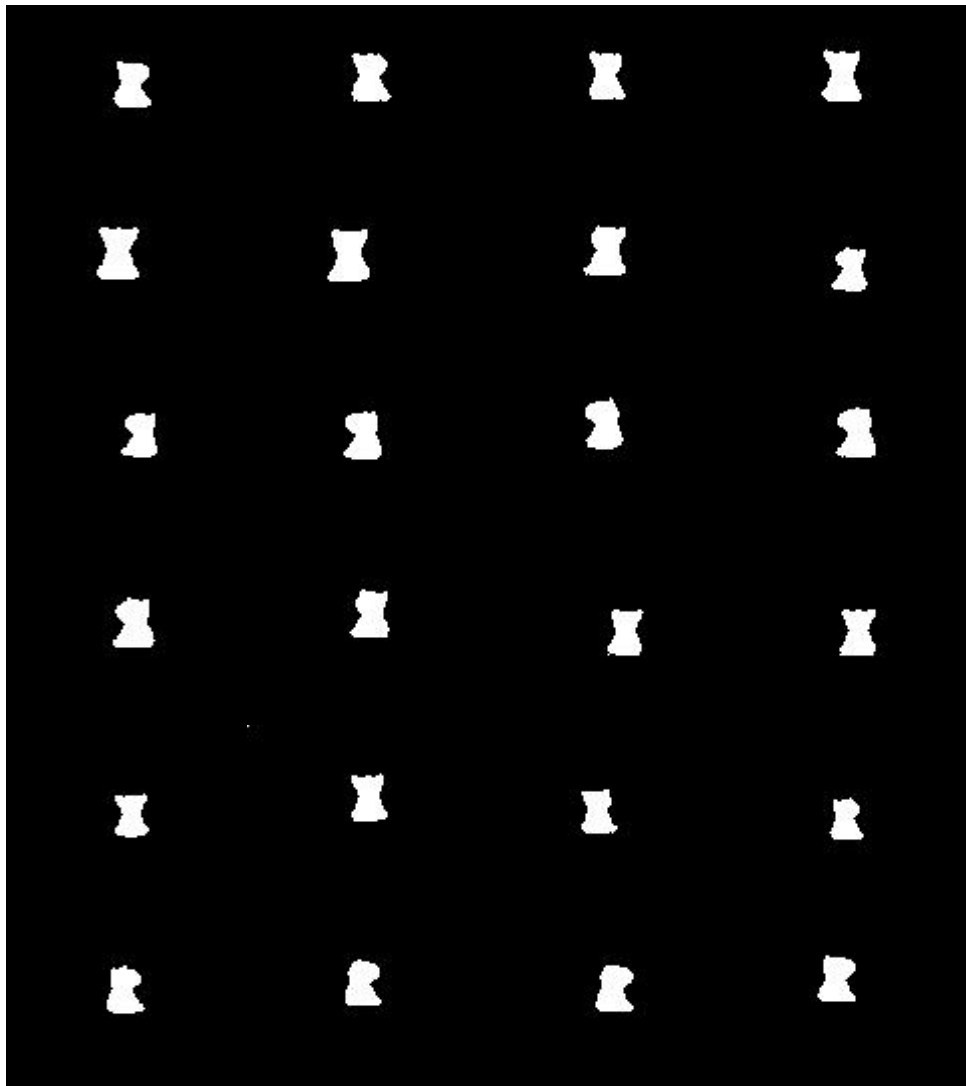


(จ)



(ฉ)

รูปที่ 6.9 (ก , ข) แสดงรูปของวัตถุจริง (ค) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 110 (ง) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 150 (จ) แสดงแบบจำลอง 3 มิติหลังผ่านกระบวนการเร็นเดอร์ริง (Az -83 , El 178 , Tw 0) และ (Az 6 , El 177 , Tw 0)



รูปที่ 6.10 แสดงข้อมูลโปรเจกชันวัตถุรูปสุนัข



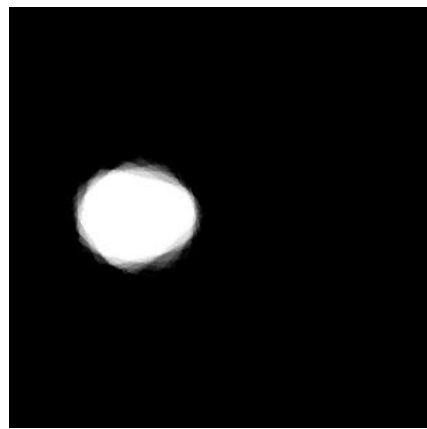
(ก)



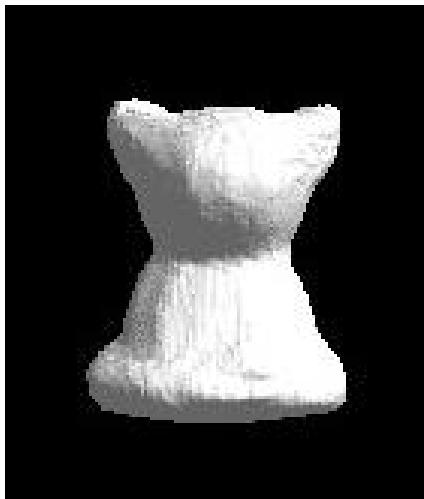
(ข)



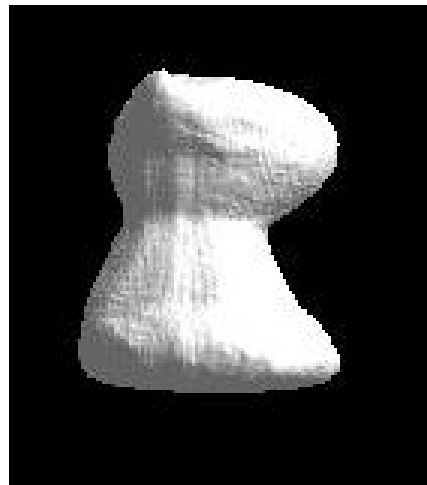
(ค)



(ง)

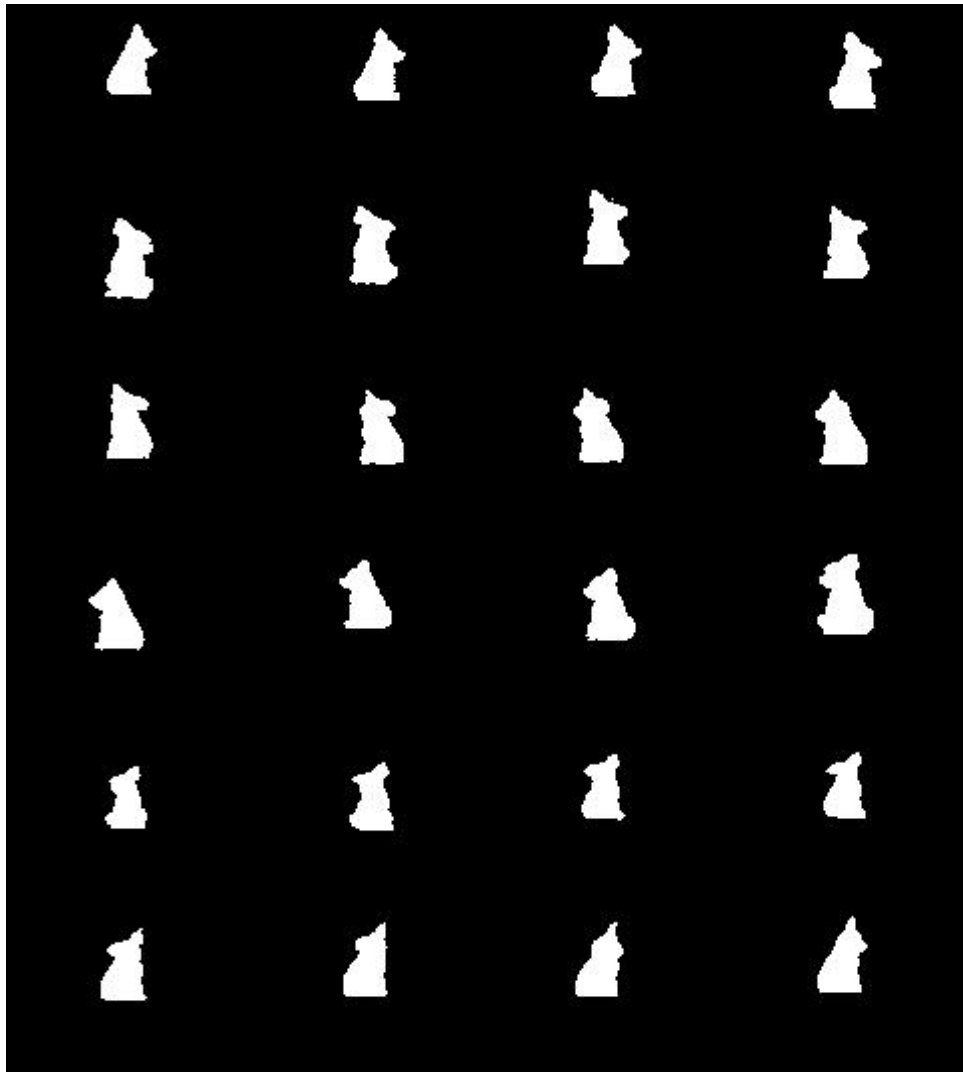


(จ)



(ฉ)

รูปที่ 6.11 (ก , ข) แสดงรูปของวัตถุจริง (ค) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 113 (ง) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 186 (จ) แสดงแบบจำลอง 3 มิติหลังผ่านกระบวนการเรนเดอร์ (Az -84 , El 181 , Tw 0) และ (Az 8 , El 179 , Tw 0)



รูปที่ 6.12 แสดงข้อมูลโปรเจกชันวัตถุรูปหมู



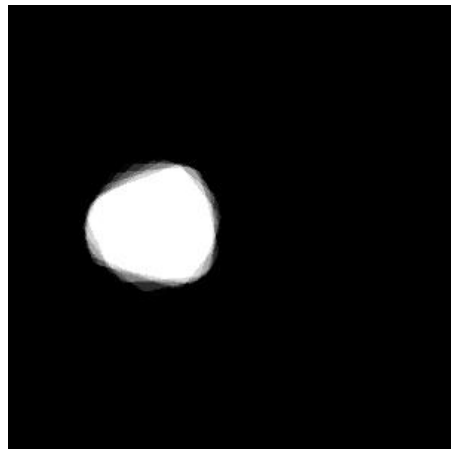
(ก)



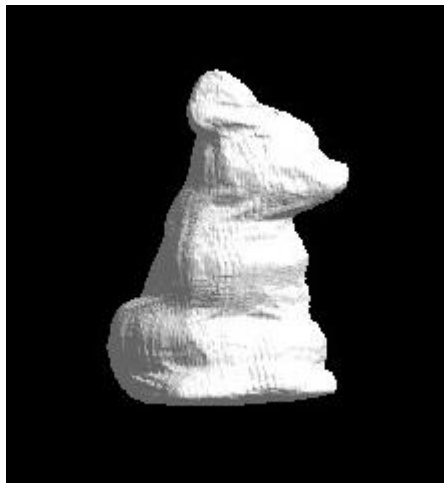
(ข)



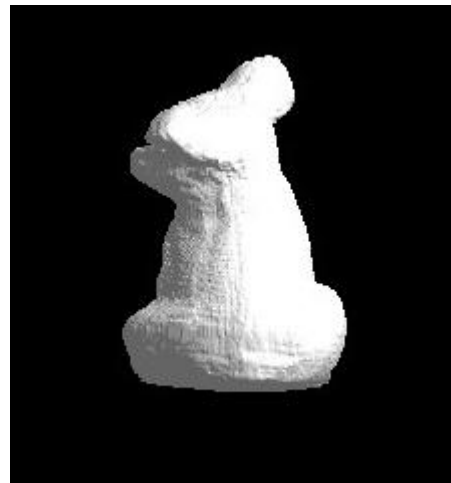
(ค)



(ง)

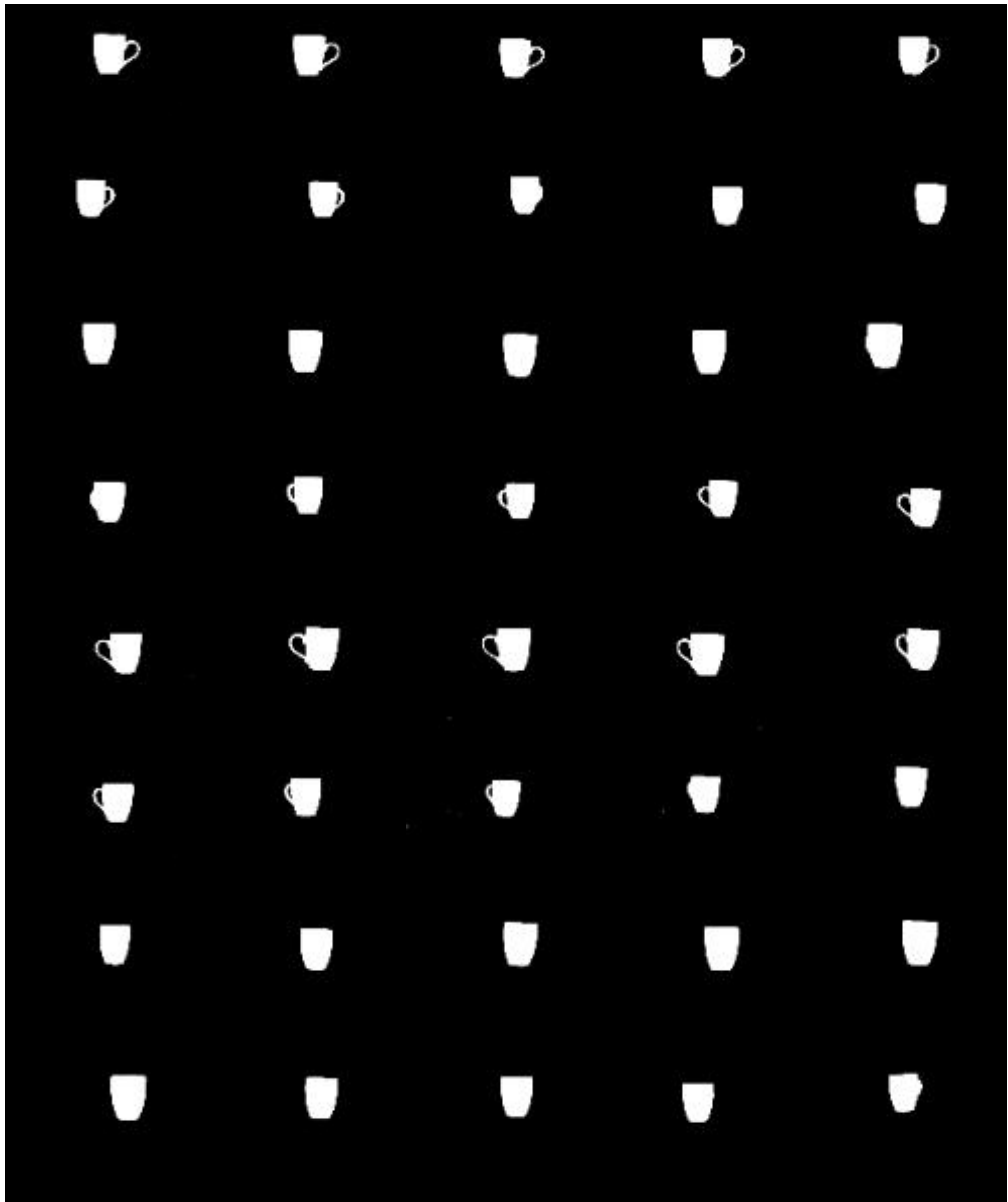


(จ)



(ฉ)

รูปที่ 6.13 (ก , ข) แสดงรูปของวัตถุจริง (ค) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่105 (ง) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 186 (จ) แสดงแบบจำลอง 3มิติหลังผ่านกระบวนการเร็นเดอร์ริง(Az -28 , El 179 , Tw 0) และ (Az 97 , El 181 , Tw 0)



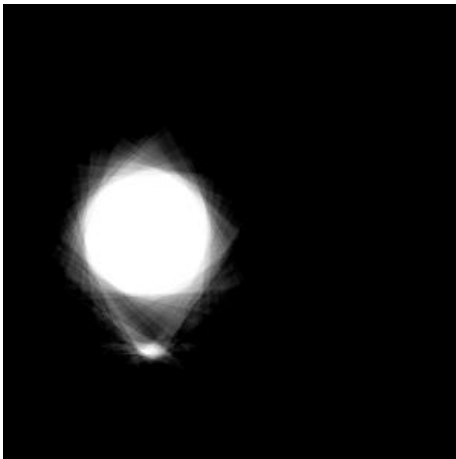
รูปที่ 6.14 แสดงข้อมูล โปรเจกชันวัตถุรูปแก้วน้ำ



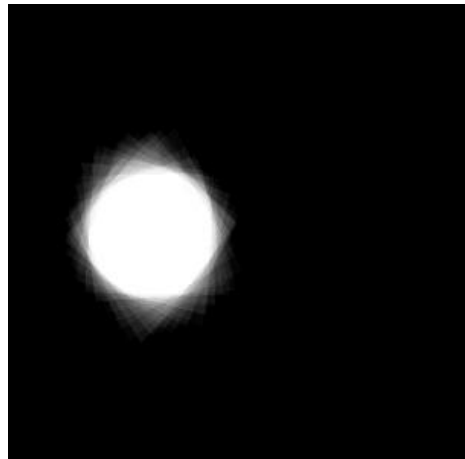
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 6.15 (ก , ข) แสดงรูปของวัตถุจริง (ค) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 160 (ง) แสดงภาพตัดขวางของวัตถุสไลด์ที่ 200 (จ) แสดงแบบจำลอง 3 มิติหลังผ่านกระบวนการเร็นเดอร์ริง(-Az -274 , El 181 , Tw 0) และ (-Az -74 , El 181 , Tw 0)