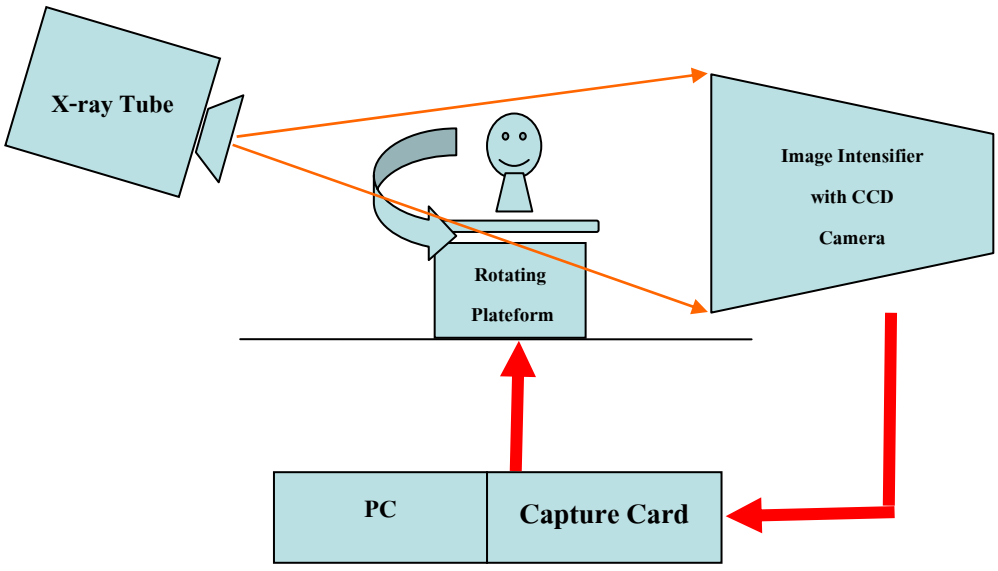
บทที่ 5
การทดลองเพื่อสร้างภาพตัดขวางของระบบเอ็กซ์เรย์กรณีหลอดเอ็กซ์เรย์อยู่ที่มุมใดๆ

5.1 บทนำ

เครื่องเอ็กซ์เรย์ที่ของหลอดเอ็กซ์เรย์, หัววัดเอ็กซ์เรย์ และวัตถุที่เราต้องการสร้างภาพตัดขวางอาจจะไม่ถูกจัดวางไว้ในตำแหน่งที่จุดกำเนิดของแกนอยู่ในแนวเดียวกัน ผลดังกล่าวทำเมื่อทำการสร้างภาพกลับจะได้ภาพที่ผิดจากความเป็นจริง สำรับงานวิจัยชิ้นนี้ได้ดัดแปลงเครื่องเอ็กซ์เรย์แบบฟลูออโรสโคปี (Fluoroscopy) เพื่อใช้ทดลอง โดยทำการปรับหลอดเอ็กซ์เรย์ไปที่ตำแหน่งใดๆ เพื่อไม่ให้เกิดจุดกำเนิดของแกนอยู่ในแนวเดียวกันหัววัดเอ็กซ์เรย์ และเมื่อฉายเอ็กซ์เรย์จะใช้การหมุนของวัตถุเพื่อเก็บข้อมูลโปรเจคชันทุกๆองศาการหมุน

5.2 ระบบเอ็กซ์เรย์ที่ใช้ทดลอง

ระบบเอ็กซ์เรย์ที่ใช้ในการทดลองมีรูปแบบดังรูปที่ 5.1 ซึ่งเป็นแบบวัตถุซึ่งอยู่บนฐานที่หมุนได้ส่วนหลอดเอ็กซ์เรย์และหัววัดเอ็กซ์เรย์อยู่นิ่ง และมีการยกให้หลอดเอ็กซ์เรย์เอียงไปจากระนาบของวัตถุที่ใช้ทดลอง

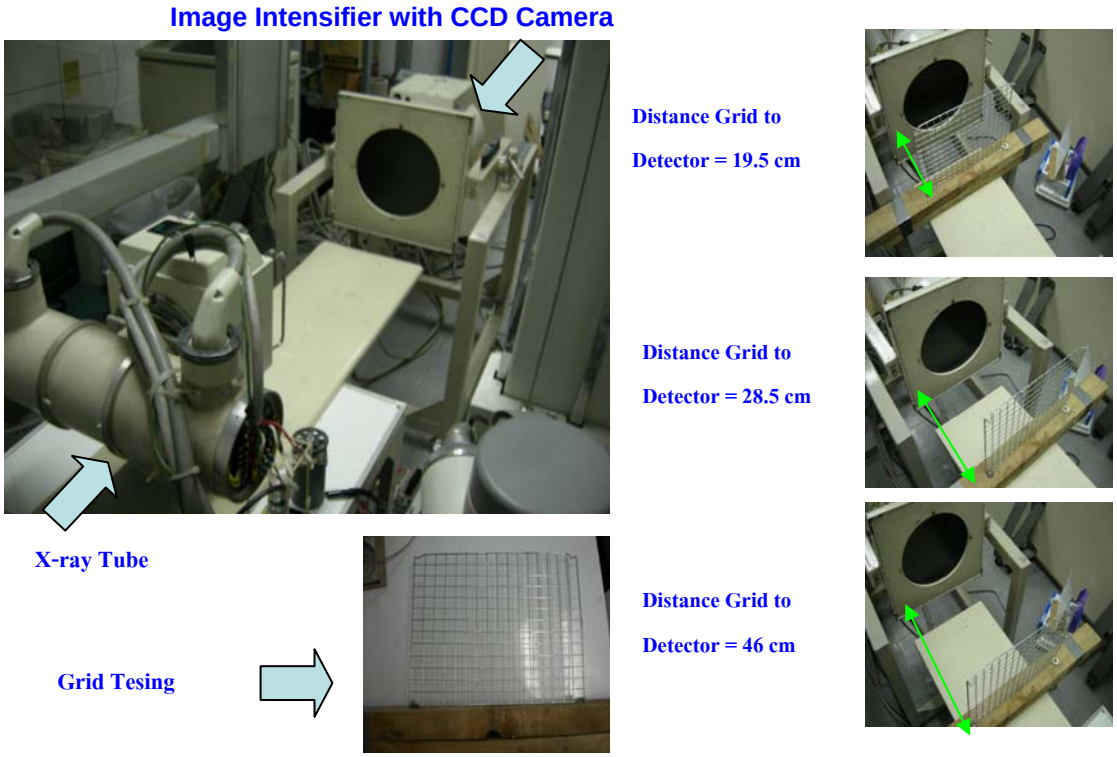


รูปที่ 5.1 แผนผังของระบบเอ็กซ์เรย์ที่ใช้วัตถุหมุน

หลอดเอ็กซ์เรย์ถูกปรับให้เอียงไปที่มุมใดๆ เพื่อให้เกิดจุดศูนย์กลางที่ไม่เรียงตรงกันกับหัววัดเอ็กซ์เรย์ และเมื่อมีการฉายรังสีจะใช้การหมุนของวัตถุซึ่งอยู่บนฐานที่หมุนได้ จากนั้นทำการเก็บภาพข้อมูลโปรเจคชันทุกๆองศาการหมุนเข้าสู่การ์ดจับภาพ (Capture card) ซึ่งถูกติดตั้งไว้ในคอมพิวเตอร์

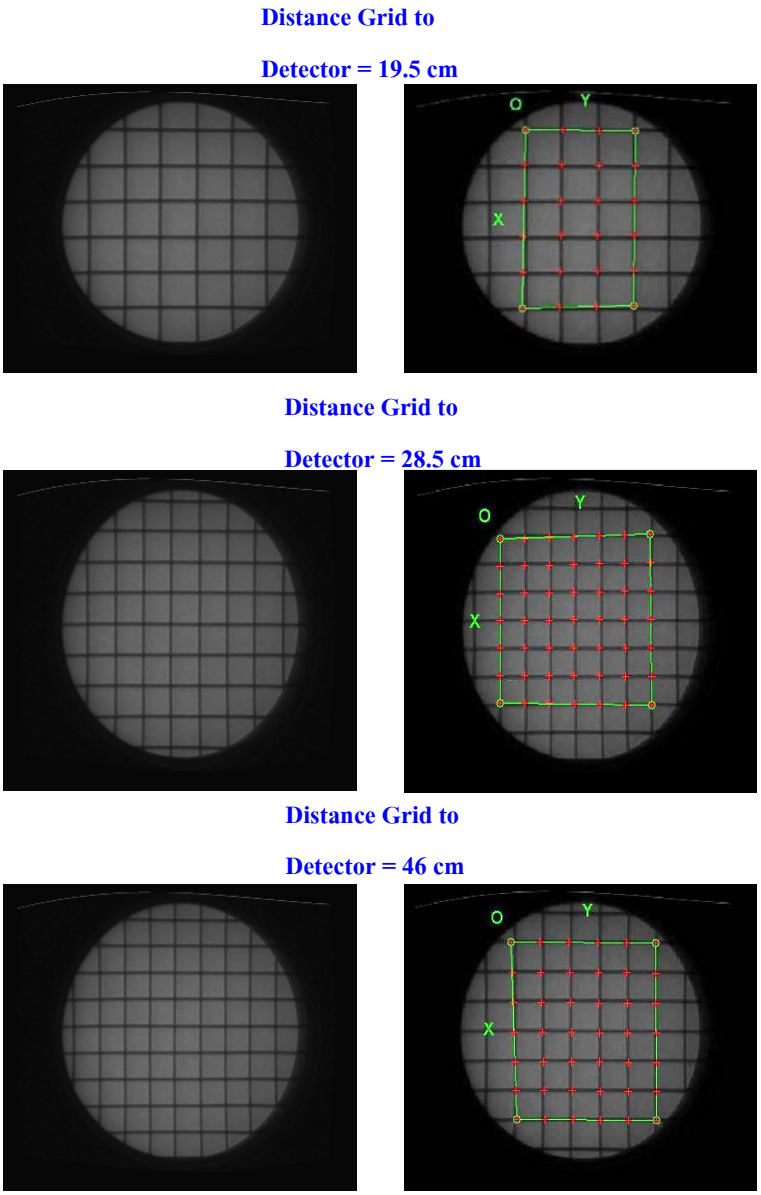
5.3 การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ภายในและภายนอก

เพื่อทดสอบการหาค่าพารามิเตอร์ภายใน $u0, v0$ และพารามิเตอร์ภายนอก Tz ของระบบเอ็กซ์เรย์ จะใช้วัตถุตัวอย่างเป็นตะแกรงเหล็ก ซึ่งมีลักษณะเป็นตาราง ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บพิกัดของจุดอ้างอิง โดยตารางดังกล่าวจะถูกวางไว้ที่ระยะต่างๆ 3 ระยะ ดังนี้ 19.5 , 28.5, 46 เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นถ่ายเอ็กซ์เรย์ในแต่ละระยะ แสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ภายในและภายนอกที่ระยะต่างๆ

รูปที่ 5.3 แสดงผลภาพโปรเจคชันที่ได้จะถูกนำมาเก็บพิกัดตำแหน่งของจุดอ้างอิงบนตารางของตะแกรงเหล็ก จำนวนจุดที่อ้างอิงจะใช้มากกว่า 6 จุด และมากเท่าที่เป็นไปได้ จากนั้นเมื่อนำไปคำนวณหาตัวแปรการปรับทิศทาง เพื่อแยกพารามิเตอร์ออกมาจะได้ผลดังนี้



รูปที่ 5.3 ผลภาพโปรเจคชันที่ได้จะถูกนำมาเก็บพิกัดตำแหน่งของจุดอ้างอิงบนตาราง

$$[\,fa \quad fb\,] = [1126.168 \;\; 1128.142]$$

$$[u0 \quad v0] = [175.5 \;\; 143.50]$$

$$T1 = [-61.075 \;\; -65.389 \;\; 199.713]$$

$$T2 = [-44.154 \;\; -61.242 \;\; 275.891]$$

$$T3 = [-48.909 \;\; -33.537 \;\; 47.713]$$

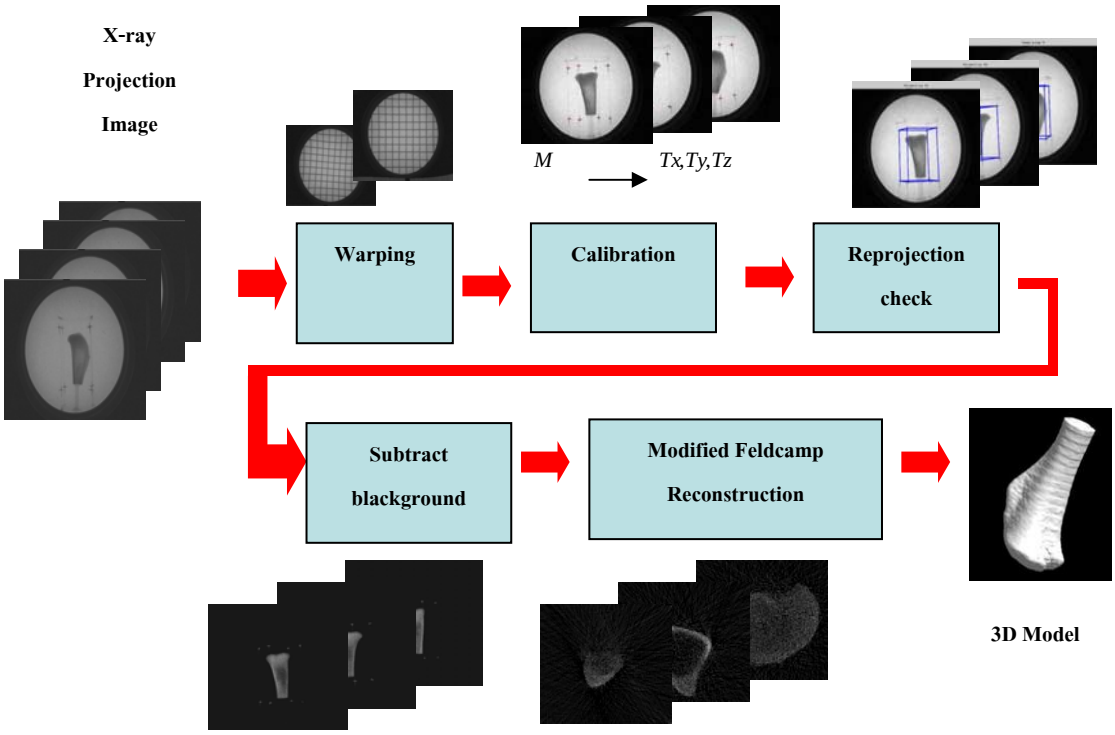
ค่า $[\,fa \quad fb\,]$ และ $[u0 \quad v0]$ จะมีค่าเท่ากันทุกๆระยะและเมื่อดูที่ค่า Tz ของแต่ละระยะจะได้ว่า

$T1z$ =199.713 มิลลิเมตร =19.97 เซนติเมตร ค่าจริง 19.5 เซนติเมตร มีค่าความผิดพลาด =2.41%

$T2z$ =275.891 มิลลิเมตร =27.59 เซนติเมตร ค่าจริง 28.5 มีค่าความผิดพลาด =3.19%

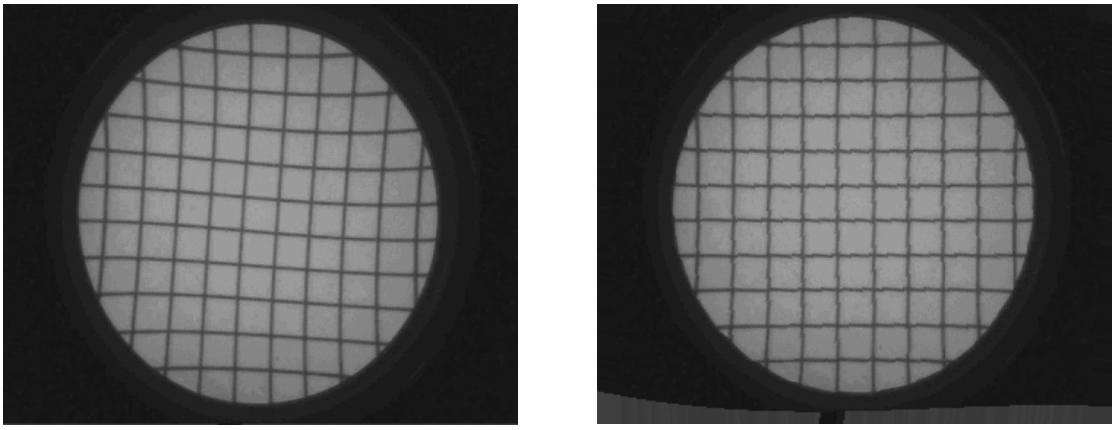
$T3z$ =47.713 มิลลิเมตร =47.71 เซนติเมตร ค่าจริง 46.0 มีค่าความผิดพลาด =3.72%

5.4 ระบบการสร้างภาพตัดขวางด้วยวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรังปรุง



รูปที่ 5.4 ผังระบบการสร้างภาพตัดขวางด้วยวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรังปรุง

ขั้นตอนการหรือผังการทำงานของระบบการสร้างภาพตัดขวางด้วยวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรังปรุงแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนใหญ่ๆคือ ขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการนำข้อมูลภาพโปรเจคชันมาทำการแก้ไขความผิดเพี้ยนของภาพ (Warping) ซึ่งความผิดเพี้ยนดังกล่าว (Distortion) เกิดจากความโค้งของเลนส์กล้องที่ใช้รับภาพ การแก้ไขความผิดเพี้ยนดังกล่าวจะใช้วิธีการทำภาพกลับแบบโพลิโนเมียล (Polynomial warping) ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.5 ขั้นตอนที่สอง จะนำภาพที่แก้ไขความผิดเพี้ยนแล้วไปหาตัวแปรการปรับทิศทางหรือเมตริก M และทำการแยกพารามิเตอร์ออกมาดังหัวข้อที่ 5.2 ขั้นตอนที่ สามเป็นการตรวจสอบเมตริก M ดังกล่าวโดยการพล็อตค่ากลับคืน ขั้นตอนที่สี่ เป็นการลบพื้นหลังของวัตถุออก ขั้นตอนที่ห้า เป็นการคำนวณเพื่อสร้างภาพตัดขวางด้วยวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรังปรุง



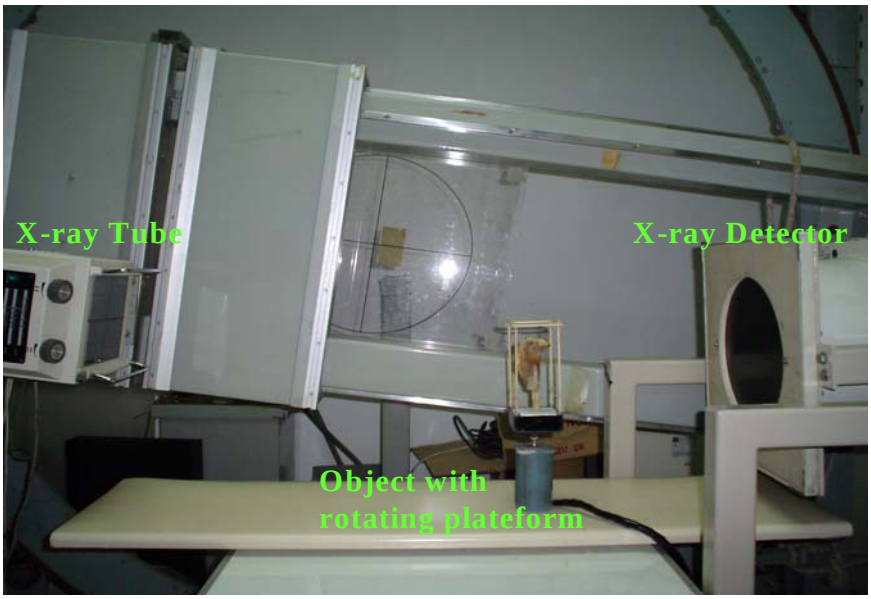
Nature distortion of Projection images

Result after Warping

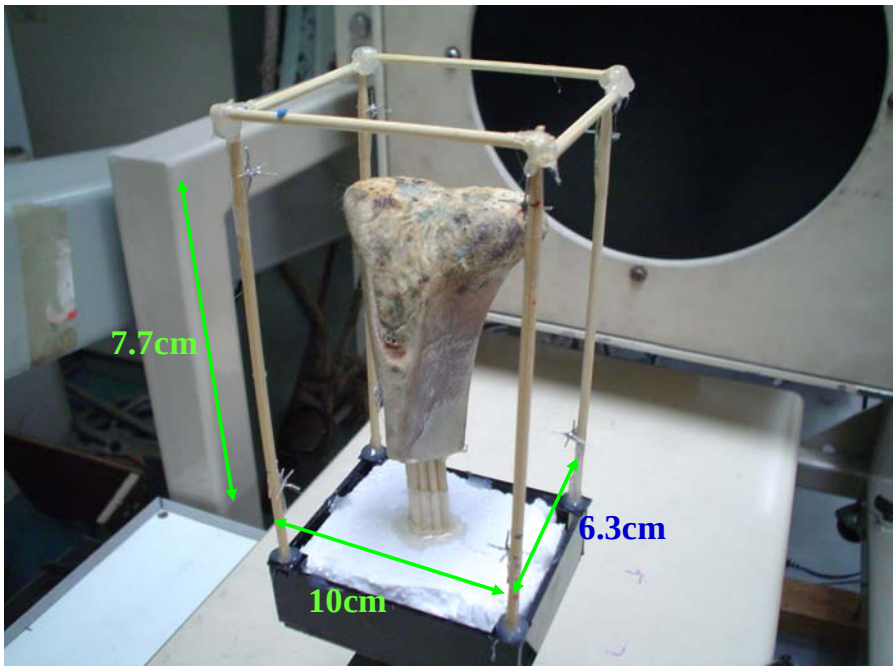
รูปที่ 5.5 ภาพโปรเจคชันที่มีความผิดเพี้ยน (ซ้าย) หลังทำการแก้ไขด้วยวิธีโพลิโนเมียล (ขวา)

5.5 การทดลองเพื่อสร้างภาพตัดขวางด้วยวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรับปรุงกับวัตถุที่มีตำแหน่งอ้างอิงล้อมรอบ

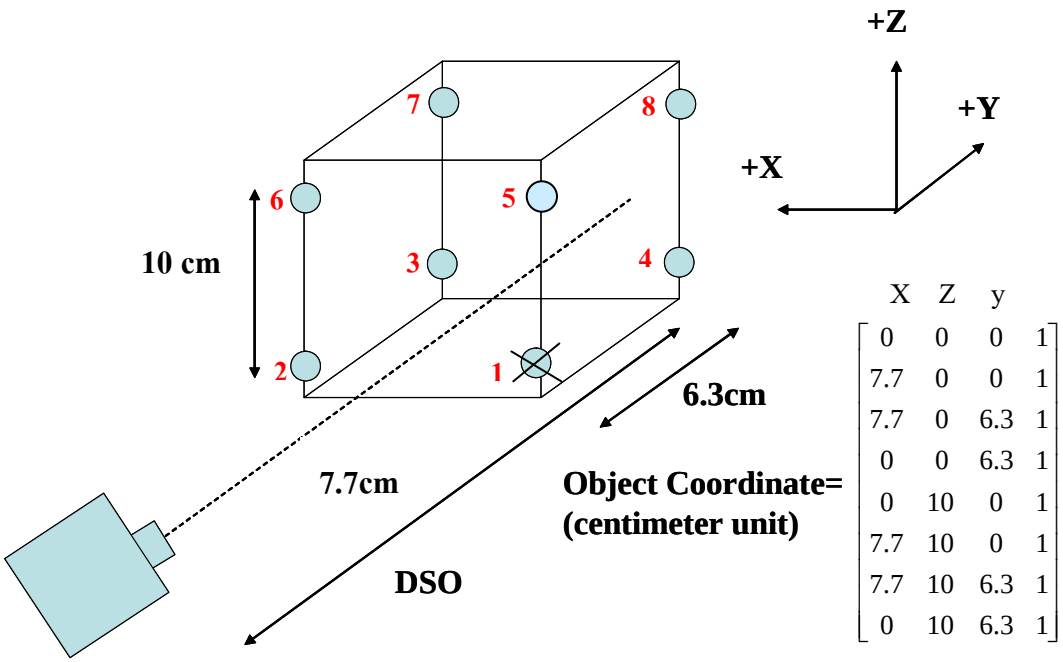
วัตถุ (ซึ่งในที่นี้คือกระดูกหมูส่วนขา) จะถูกนำไปไว้ในโครงหรือกล่องพลาสติกที่ติดเหล็กชิ้นเล็กๆ (เพื่อให้ภาพโปรเจคชันเห็นจุดที่ทำสัญลักษณ์ไว้ได้ชัดเจน) ตามมุมของกล่องเพื่อเป็นจุดอ้างอิง จากนั้นฉายเอ็กซ์เรย์เข้าไปที่กล่องดังกล่าว แล้วนำผลของข้อมูลโปรเจคชันที่ได้มาเก็บค่าพิกัดของจุดอ้างอิงเพื่อนำไปคำนวณหาค่าตัวแปรการปรับทิศทาง จากนั้นจึงนำค่าตัวแปรการปรับทิศทางดังกล่าวมาร่วมคำนวณในการสร้างภาพกลับของเฟลด์แคมป์ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 4



รูปที่ 5.6 ระบบเอ็กซ์เรย์พร้อมวัตถุที่อยู่ในโครงอ้างอิงที่ใช้ในการทดลองจริง

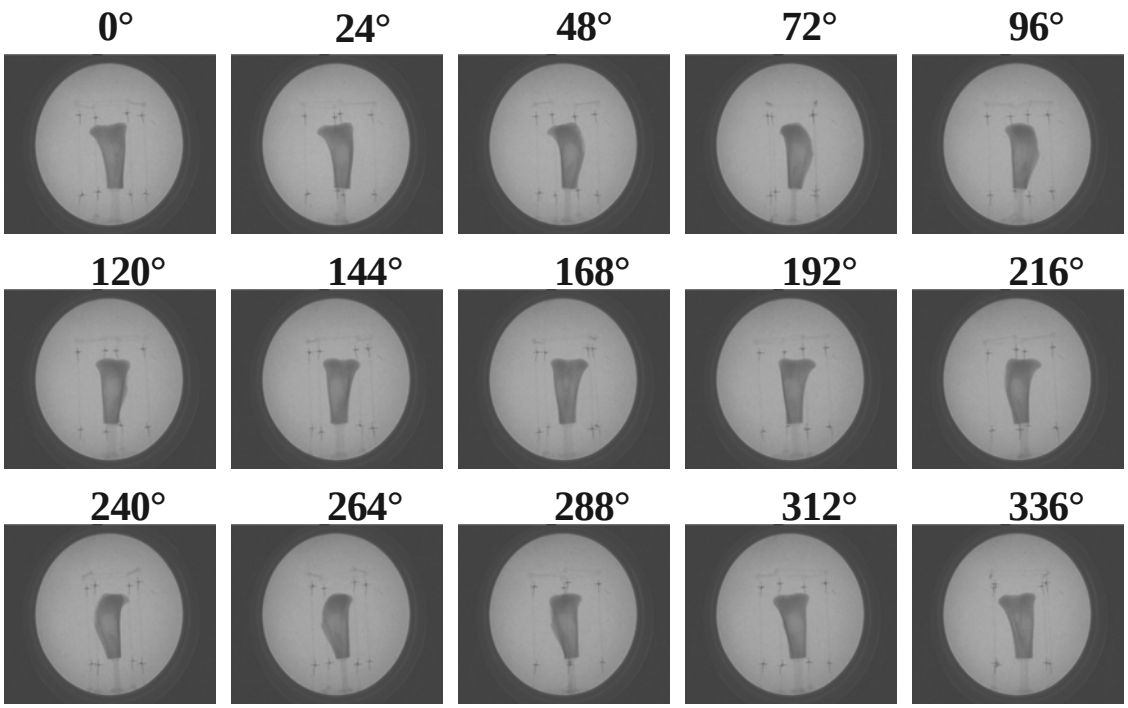


รูปที่ 5.7 วัตถุ (กระดูกหมู) ที่อยู่ในโครงที่มีจุดอ้างอิงทำด้วยลวดทั้งหมด 8 ตำแหน่ง

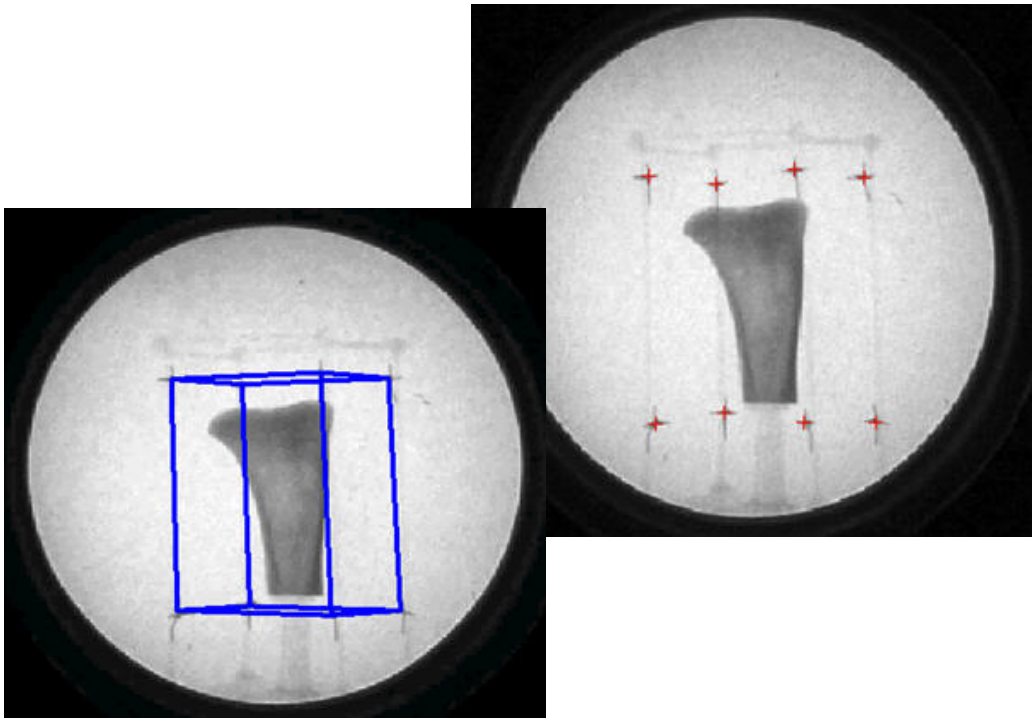


รูปที่ 5.8 พิกัดจุดของวัตถุที่ใช้ในการหาตัวแปรการปรับทิศทาง

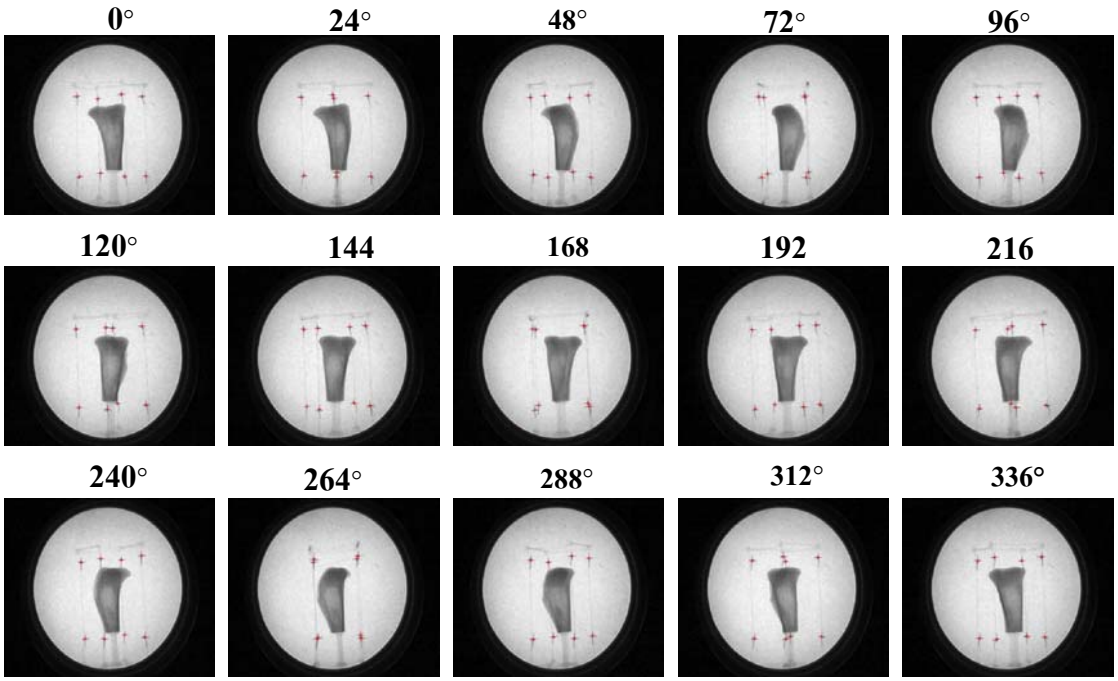
จากรูปที่ 5.8 กล่องอ้างอิงตำแหน่งจะมีพิกัดเริ่มต้น (0,0) ที่จุดกากบาท โดยโครงมีความกว้าง 7.7 เซนติเมตร ความลึก 6.3 เซนติเมตร ความสูง 10 เซนติเมตร พิกัดที่นำมาใส่ในเมตริกขวามือจะเรียงตามหมายเลขพิกัดจาก 1 ถึง 8



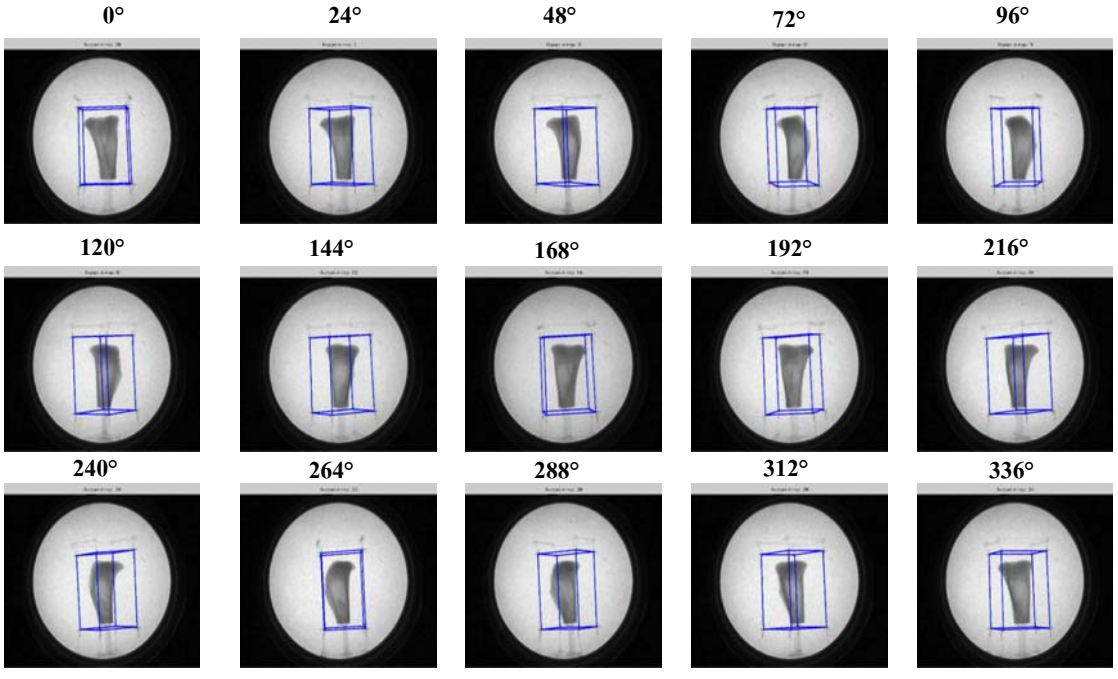
รูปที่ 5.9 ข้อมูลโปรเจคชันที่ได้จากมุมในการหมุนวัตถุตั้งแต่ 0-360 องศา



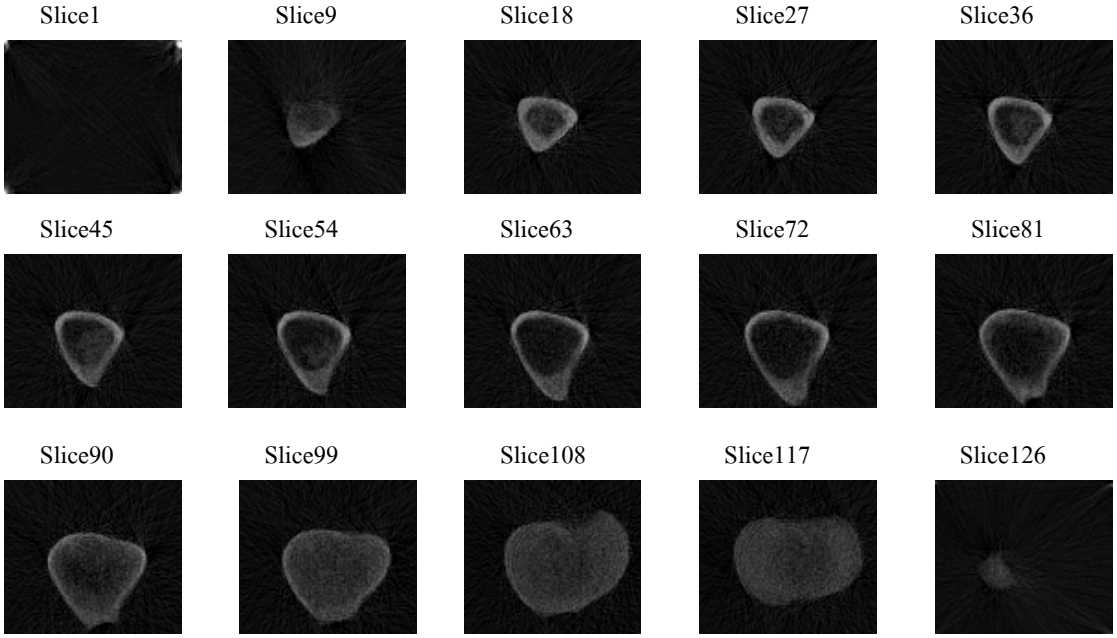
รูปที่ 5.10 ภาพโปรเจคชันกับการหาค่าตัวแปรการปรับทิศทางหรือเมตริก M โดยจะต้องเลือกจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิง 8 จุดดังในรูปบน (กากบาทสีแดง) ล่างการพล็อตค่ากลับคืนจากเมตริก M เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง



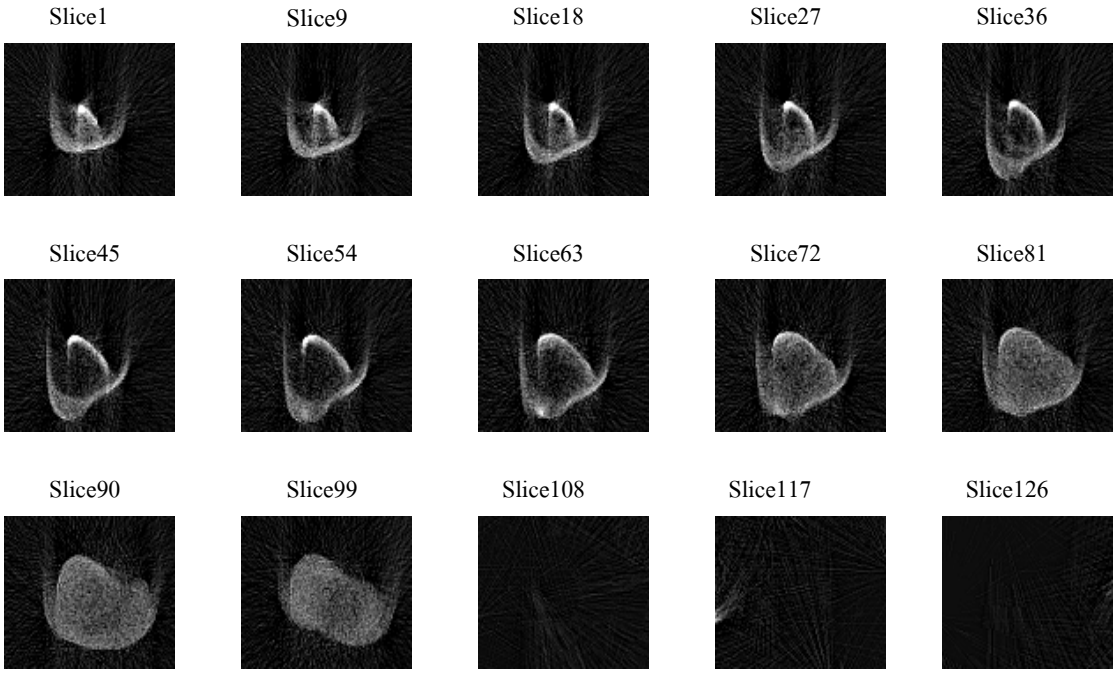
รูปที่ 5.11 ตัวอย่างภาพโปรเจคชันกับการหาตัวแปรการปรับทิศทาง



รูปที่ 5.12 การพล็อตค่ากลับคืนจากเมตริก M เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 5.13 ภาพตัดขวางที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรังปรุง



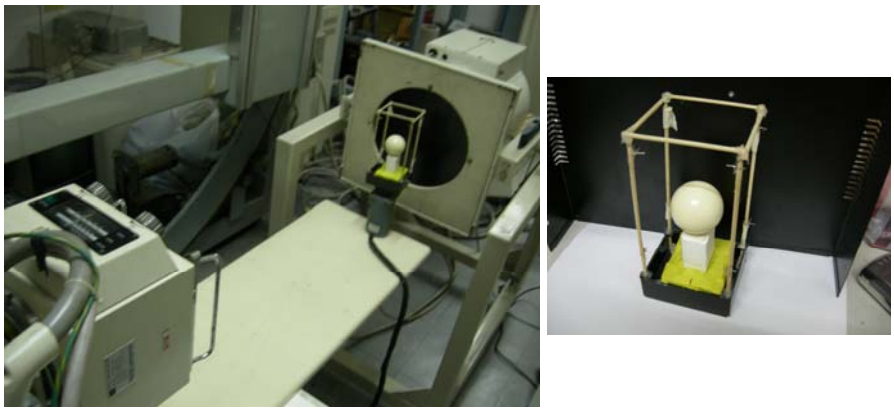
รูปที่ 5.14 ภาพตัดขวางที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปกติ

จากรูปที่ 5.13 และ 5.14 จะเห็นได้ว่าวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรังปรุง ช่วยทำให้ภาพตัดขวางมีความถูกต้องมากขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการลดสิ่งปลอมปนแบบตาวัว

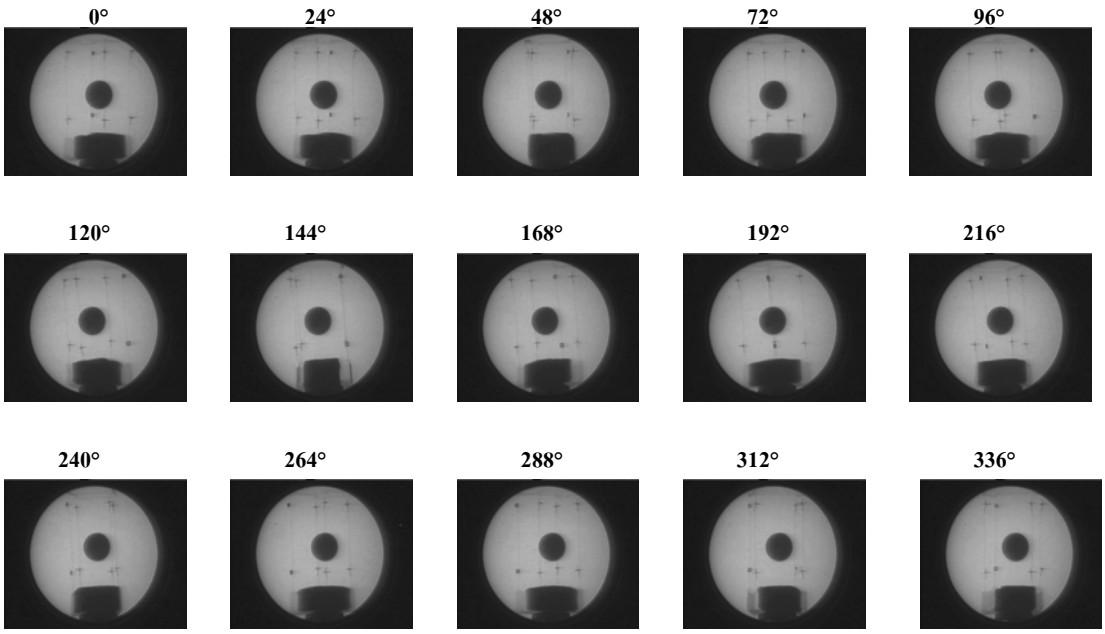
รูปที่ 5.15 โมเดล 3 มิติของภาพตัดขวางที่ใช้วิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรับปรุง ภาพบนเป็นโมเดลเชิงปริมาตร ภาพล่างเป็นโมเดลเชิงพื้นผิว

5.6 การทดลองเพื่อสร้างภาพตัดขวางด้วยวิธีแบ็คโปรเจคชัน 3 มิติแบบปรับปรุงกับวัตถุทรงกลมเพื่อตรวจสอบความผิดพลาดเชิงปริมาตร

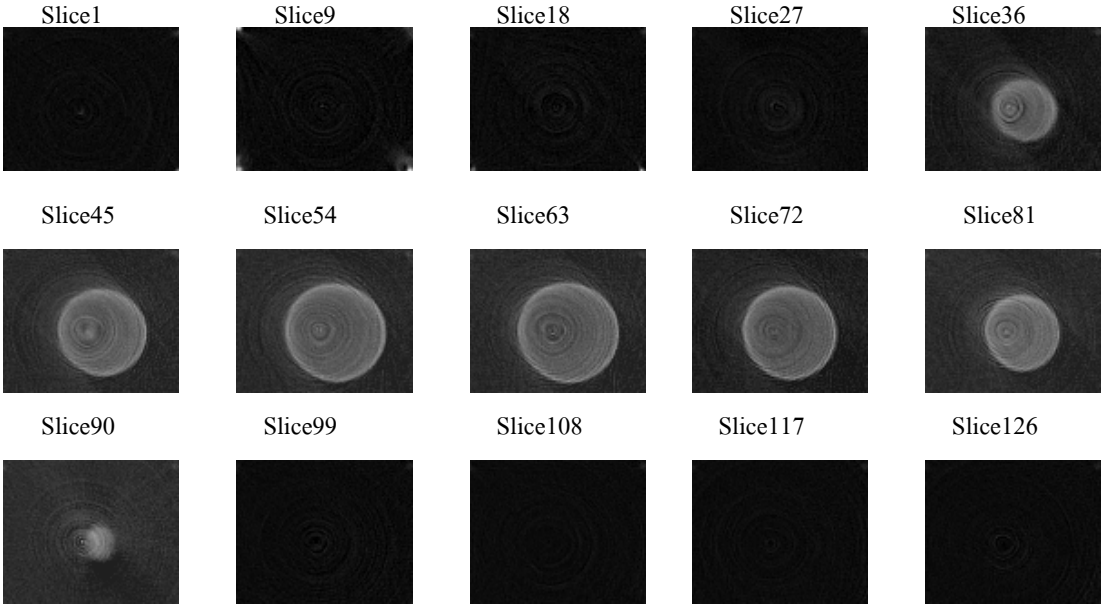
วัตถุ (ในที่นี้คือลูกสนุกเกอร์) จะถูกนำไปไว้ในโครงหรือกล่องพลาสติกที่ติดเหล็กชิ้นเล็กๆ (เพื่อให้ภาพโปรเจคชันเห็นจุดที่ทำสัญลักษณ์ไว้ได้ชัดเจน) ตามมุมของกล่องเพื่อเป็นจุดอ้างอิง เหมือนกับหัวข้อที่ 5.4 จากนั้นฉายเอ็กซ์เรย์เข้าไปที่กล่องดังกล่าว แล้วนำผลของข้อมูลโปรเจคชันที่ได้มาเก็บค่าพิกัดของจุดอ้างอิงเพื่อนำไปคำนวณหาค่าตัวแปรการปรับทิศทาง จากนั้นจึงนำค่าตัวแปรการปรับทิศทางดังกล่าวมาร่วมคำนวณในการสร้างภาพกลับของเฟลด์แคมป์ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 สุดท้ายจึงนำผลของภาพที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาความผิดพลาดเชิงปริมาตร



รูปที่ 5.16 ระบบเอ็กซ์เรย์พร้อมวัตถุทรงกลมที่อยู่ในโครงอ้างอิงที่ใช้ในการทดลองจริง



รูปที่ 5.17 ตัวอย่างภาพโปรเจคชันของวัตถุทรงกลมที่ใช้ทดลองหาความผิดพลาดเชิงปริมาตร



รูปที่ 5.18 ตัวอย่างภาพตัดขวางของวัตถุทรงกลมที่ใช้ทดลองหาความผิดพลาดเชิงปริมาตร

รูปที่ 5.19 ขนาดของวัตถุทรงกลมที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาความผิดพลาดเชิงปริมาตร

จากรูปที่ 5.19 เส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุทรงกลมเท่ากับ 4.45 เซนติเมตรจะได้ว่าปริมาตรที่แท้จริงของวัตถุทรงกลมคือ

ปริมาตรจริง $\frac{4}{3}\pi r^3 = 46.14 \ cm^3$

ปริมาตรที่ได้จากภาพตัดขวาง $= 46.19 \ cm^3$

ความผิดพลาดเชิงปริมาตร = (|ปริมาตรจริง – ปริมาตรจากภาพตัดขวาง| / ปริมาตรจริง) *100 %

= 0.108 %