การประยุกต์ใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ในการออกแบบชุด

นางสาวฐิตาภา จันต๊ะคาด
นางสาวนิตยา กลิ่นนวล
นางสาวเมษ์ทิวา แก้วยา

การศึกษาอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์
เมษายน 2561
มหาวิทยาลัยพะเยา
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยพะเยา

คณะกรรมการสอบการศึกษาอิสระ อาจารย์ที่ปรึกษา และคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ได้พิจารณาการศึกษาเรื่อง "การประยุกต์ใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ในการออกแบบชุด" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยพะเยา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรภรณ์ ช่อลำเจียก)

ประธานกรรมการ

.....

(ดร.ธีรพงษ์ หล้าอินเชื้อ)

(กรรมการ)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงศักดิ์ แย้มบางหวาย)

(กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา)

.....

(รองศาสตราจารย์ปรียานันท์ แสนโภชน์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เมษายน 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ แย้มบางหวาย อาจารย์ที่ปรึกษา เนื่องจากได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมทั้งติดตามความก้าวหน้าในตลอดการจัดทำการศึกษาอิสระครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ทุกท่าน ที่คอยอบรมสั่งสอนและให้คำปรึกษาในทุกเรื่องตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจอย่างดีตลอดมาและคุณประโยชน์อันเกิดจากการศึกษาอิสระฉบับนี้ ทางผู้วิจัยขอน้อมบูชาพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือตลอดการทำการศึกษาอิสระ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นิสิตสาขาวิชาคณิตศาสตร์ทุกท่านโดยเฉพาะเพื่อนๆผู้ร่วมจัดทำการศึกษาอิสระ สำหรับความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการสืบค้นข้อมูล การแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นต่าง ๆ และคอยเป็นกำลังใจให้กันในระหว่างการจัดทำการศึกษาอิสระ ด้วยดีตลอดมา

นางสาวฐิตาภา จันต๊ะคาด
นางสาวนิตยา กลิ่นนวล
นางสาวเมษ์ทิวา แก้วยา

ชื่อเรื่อง การประยุกต์ใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ในการออกแบบชุด
ผู้ศึกษาค้นคว้า นางสาวฐิตาภา จันต๊ะคาด
นางสาวนิตยา กลิ่นนวล
นางสาวเมษ์ทิวา แก้วยา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดำรงศักดิ์ แย้มบางหวาย
วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์
คำสำคัญ เส้นโค้งเบซิเยร์

บทคัดย่อ

การศึกษาอิสระ เล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ ในการออกแบบชุดและใช้โปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender) เข้ามาช่วยในการตัดเย็บชุด ที่มีความสวยงามและเป็นเอกลักษณ์ ก่อนที่จะนำมาสร้างผลิตภัณฑ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ นอกจากนี้ได้นำเสนอเส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box) สำหรับชุดที่ออกแบบไว้พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์พื้นที่ที่เสียไปที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box) โดยใช้ทฤษฎีบทของกรีนเข้ามาช่วย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 โปรแกรมเบลนเดอร์	5
2.2 โปรแกรมจีโอจีบร้า	12
2.3 โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล	14
2.4 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ n	24
2.5 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1	35
2.6 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2	36
2.7 สูตรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุและทฤษฎีของกรีน	43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	70
3.1 ขั้นตอนการออกแบบชุดในกระดาษ	70
3.2 ขั้นตอนการออกแบบชุดในโปรแกรมเบลนเดอร์	71
3.3 ขั้นตอนการตัดชุดในโปรแกรมเบลนเดอร์	93
3.4 ขั้นตอนการลงลายบนชุดที่ตัดเย็บในโปรแกรมเบลนเดอร์	135
3.5 ขั้นตอนการเก็บจุดเพื่อการใช้งานอื่น ๆ	164

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	164
4.1 ผลการเชื่อมเส้นโค้งเบซิเยร์ให้ราบเรียบโดยการใช้นิยามของการเชื่อมกันของเส้นโค้งเบซิเยร์แบบ C_0 และ G_0	164
4.2 ผลการวิเคราะห์หาเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ	165
4.3 ผลการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของแบบชุด	167
4.4 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีของกรีน	173
4.5 ผลการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน	176
4.6 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน	183
4.7 ผลการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยม	187
4.8 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยม	194
4.9 ผลการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง	197
4.10 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง	204
บทที่ 5 บทสรุป	207
5.1 อภิปรายและสรุปผลการดำเนินการวิจัย	207
5.2 ข้อเสนอแนะ	208
บรรณานุกรม	209
ภาคผนวก	211
ประวัติผู้วิจัย	215

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 แสดงคำอธิบายแถบเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 20

ตารางที่ 2-2 แสดงคำอธิบายแถบเครื่องมือจัดรูปแบบของโปรแกรม ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 23

ตารางที่ 4-1 แสดงจุดควบคุมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 170

ตารางที่ 4-2 แสดงจุดควบคุมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 171

ตารางที่ 4-3 แสดงจุดควบคุมของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 173

ตารางที่ 4-4 แสดงจุดควบคุมของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 174

ตารางที่ 4-5 แสดงจุดควบคุมของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 175

ตารางที่ 4-6 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 179

ตารางที่ 4-7 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 180

ตารางที่ 4-8 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 182

ตารางที่ 4-9 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 183

ตารางที่ 4-10 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 184

ตารางที่ 4-11 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 189

ตารางที่ 4-12 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 190

ตารางที่ 4-13 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 192

ตารางที่ 4-14 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 193

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4–15 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 195

ตารางที่ 4–16 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 200

ตารางที่ 4–17 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 201

ตารางที่ 4–18 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 202

ตารางที่ 4–19 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 204

ตารางที่ 4–20 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 206

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 อินเทอร์เฟส 3d View ใน Blender 2.8(Beta) 6

ภาพที่ 2-2 Button window customization Blender 2.8 (Beta) 7

ภาพที่ 2-3 การใช้คำสั่ง Duplicate กล่องสี่เหลี่ยมออกมา 8

ภาพที่ 2-4 การใช้คำสั่ง Duplicate Link กล่องสี่เหลี่ยมที่แก้ไขวัตถุเพียงชิ้นเดียว 9

ภาพที่ 2-5 การใช้คำสั่ง Rotate กล่องสี่เหลี่ยมที่หมุนตามแกน Z 10

ภาพที่ 2-6 ภาพแสดงการทำงานพื้นหลังและการเรนเดอร์เป็นภาพนิ่งแบบที่ 1 11

ภาพที่ 2-7 ภาพแสดงการทำงานพื้นหลังและการเรนเดอร์เป็นภาพนิ่งแบบที่ 2 12

ภาพที่ 2-8 ภาพแสดงเมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาในที่นี้ใช้เป็นเครื่องคิดเลขกราฟิก 13

ภาพที่ 2-9 ภาพแสดงการเปิดใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010 18

ภาพที่ 2-10 ภาพแสดงส่วนประกอบของการใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010 18

ภาพที่ 2-11 ภาพแสดงตัวอย่างส่วนประกอบหลักของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010 20

ภาพที่ 2-12 ภาพแสดงแถบเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 20

ภาพที่ 2-13 ภาพแสดงแถบเครื่องมือจัดรูปแบบของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 22

ภาพที่ 2-14 ภาพแสดงเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 35

ภาพที่ 2-15 ภาพแสดงเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 37

ภาพที่ 2-16 ภาพแสดงความต่อเนื่องแบบ C_0, G_0 41

ภาพที่ 2-17 ภาพแสดงการต่อเนื่องแบบ C_1 (C_1 -Continuity) 42

ภาพที่ 2-18 ภาพแสดงการต่อเนื่องแบบ G_1 (G_1 -Continuity) 42

ภาพที่ 2-19 ภาพแสดงความต่อเนื่องแบบและราบเรียบแบบ C_1 43

ภาพที่ 2-20 ภาพแสดงความต่อเนื่องแบบและราบเรียบแบบ G_1 43

ภาพที่ 2-21 ภาพแสดงจุดเอกพจน์ 44

ภาพที่ 2-22 ภาพแสดงจุดปลายแหลม 44

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 2-23 ภาพแสดงจุดมุม 44

ภาพที่ 2-24 ภาพแสดงจุดเปลี่ยนเว้า 45

ภาพที่ 2-25 ภาพแสดงจุดเปลี่ยน 45

ภาพที่ 2-26 ภาพแสดงมุมระหว่างเวกเตอร์ 46

ภาพที่ 2-27 ภาพแสดงเส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุที่พิจารณาจาก จุดเอกพจน์, จุดปลายแหลม, จุดมุม, จุดเปลี่ยนเว้า และจุดเปลี่ยน 49

ภาพที่ 2-28 ภาพแสดงเส้นโค้งออฟเซ็ตของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 50

ภาพที่ 2-29 ภาพแสดงการหมุนของพิกัดจุด 2 มิติรอบจุดกำเนิด 50

ภาพที่ 2-30 ภาพแสดงเส้นโค้งปิด 52

ภาพที่ 2-31 ภาพแสดงเส้นโค้งอย่างง่าย 52

ภาพที่ 2-32 ภาพแสดงที่ไม่ใช่เส้นโค้งอย่างง่าย 52

ภาพที่ 2-33 ภาพแสดงเส้นโค้งราบเรียบเป็นส่วน ๆ 53

ภาพที่ 2-34 ภาพแสดงโดเมนที่ต่อเนื่อง 53

ภาพที่ 2-35 ภาพแสดงโดเมนที่ไม่ต่อเนื่อง 53

ภาพที่ 2-36 ภาพแสดงโดเมนที่ต่อเนื่องอย่างง่าย 54

ภาพที่ 2-37 ภาพแสดงโดเมนที่ต่อเนื่องทวีคูณ 54

ภาพที่ 2-38 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{1}{2}x\hat{j}$ 56

ภาพที่ 2-39 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{3}{2}x\hat{j}$ 57

ภาพที่ 2-40 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = y\hat{i} + x\hat{j}$ 58

ภาพที่ 2-41 ภาพแสดงบริเวณ R 58

ภาพที่ 2-42 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = x\hat{j}$ 59

ภาพที่ 2-43 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = -y\hat{i}$ 62

ภาพที่ 2-44 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{1}{2}x\hat{j}$ 64

ภาพที่ 2-45 ภาพแสดงพื้นที่แบบรูปหลายเหลี่ยม 68

ภาพที่ 2-46 ภาพแสดงพื้นที่แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง 68

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-1 แบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ 70

ภาพที่ 3-2 แบบชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 71

ภาพที่ 3-3 โปรแกรมเบลนเดอร์ 71

ภาพที่ 3-4 การลบวัตถุ 72

ภาพที่ 3-5 นำแบบชุดที่ออกแบบในกระดาษลงในโปรแกรมเบลนเดอร์ 73

ภาพที่ 3-6 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุด 74

ภาพที่ 3-7 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุดครึ่งชุด 75

ภาพที่ 3-8 สร้างพื้นผิว 76

ภาพที่ 3-9 การใส่สีและสะท้อนชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 77

ภาพที่ 3-10 แบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าทำการออกแบบจาก โปรแกรมเบลนเดอร์ 78

ภาพที่ 3-11 แบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลังทำการออกแบบจาก โปรแกรมเบลนเดอร์ 78

ภาพที่ 3-12 โปรแกรมเบลนเดอร์ 79

ภาพที่ 3-13 การลบวัตถุ 80

ภาพที่ 3-14 นำแบบชุดที่ออกแบบในกระดาษลงในโปรแกรมเบลนเดอร์ 81

ภาพที่ 3-15 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุด 82

ภาพที่ 3-16 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุดครึ่งชุด 83

ภาพที่ 3-17 สร้างพื้นผิว 84

ภาพที่ 3-18 การใส่สีและสะท้อนเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 85

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-19 แบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบานทำการออกแบบจากโปรแกรมเบลนเดอร์ 86

ภาพที่ 3-20 แบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบานทำการออกแบบจากโปรแกรมเบลนเดอร์ 86

ภาพที่ 3-21 โปรแกรมเบลนเดอร์ 87

ภาพที่ 3-22 การลบวัตถุ 88

ภาพที่ 3-23 นำแบบกระโปรงที่ออกแบบในกระดาษใส่ในโปรแกรมเบลนเดอร์ 89

ภาพที่ 3-24 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุด 90

ภาพที่ 3-25 สร้างพื้นผิว 91

ภาพที่ 3-26 เพิ่มหน้าและปรับขนาดตามแบบชุด 92

ภาพที่ 3-27 การใส่สี 92

ภาพที่ 3-28 แบบกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบานทำการออกแบบจากโปรแกรมเบลนเดอร์ 93

ภาพที่ 3-29 โปรแกรมเบลนเดอร์ 93

ภาพที่ 3-30 หุ่น 94

ภาพที่ 3-31 การนำแบบชุดลงในโปรแกรมเบลนเดอร์ 94

ภาพที่ 3-32 จัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 95

ภาพที่ 3-33 การสะท้อนชุด 96

ภาพที่ 3-34 สร้าง Loop Cut 97

ภาพที่ 3-35 ลบหน้าและลบจุด 97

ภาพที่ 3-36 สร้างหน้าขึ้นใหม่ 98

ภาพที่ 3-37 เพิ่มจุด 98

ภาพที่ 3-38 ลบหน้าและสร้างหน้าขึ้นมาใหม่ 98

ภาพที่ 3-39 จัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 99

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-40 . สร้าง Loop Cut เพิ่ม 99

ภาพที่ 3-41 สร้างช่องหลักสำหรับการเย็บ 100

ภาพที่ 3-42 การตัดชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ 100

ภาพที่ 3-43 จัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 101

ภาพที่ 3-44 การสะท้อนชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 102

ภาพที่ 3-45 สร้างจุดตัดของขริบชุด 103

ภาพที่ 3-46 การสร้างหน้าขึ้นใหม่ 103

ภาพที่ 3-47 จัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 104

ภาพที่ 3-48 การเพิ่มจุด 104

ภาพที่ 3-49 จัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 105

ภาพที่ 3-50 สร้าง Loop Cut 105

ภาพที่ 3-51 สร้างช่องหลักสำหรับการเย็บ 106

ภาพที่ 3-52 ย้ายรูปแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้ากลับมาที่เดิม 106

ภาพที่ 3-53 การเชื่อมเป็นเส้นด้าย 107

ภาพที่ 3-54 การตั้งค่าชุด 108

ภาพที่ 3-55 การปรับแต่งชุด 109

ภาพที่ 3-56 การ Apply 109

ภาพที่ 3-57 การปรับชุดมีความสวยงามขึ้น 110

ภาพที่ 3-58 การเพิ่มหน้าของวัตถุที่ขาดหายไป 111

ภาพที่ 3-59 การจัดจุดเพื่อทำให้จุดเกิดความสวยงาม 111

ภาพที่ 3-60 โปรแกรมเบลนเดอร์ 112

ภาพที่ 3-61 หุ่น 112

ภาพที่ 3-62 การนำแบบชุดลงในโปรแกรมเบลนเดอร์ 113

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-63 จัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 113

ภาพที่ 3-64 การสะท้อนเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 114

ภาพที่ 3-65 สร้าง Loop Cut 115

ภาพที่ 3-66 การลบหน้าและลบจุด 115

ภาพที่ 3-67 สร้างหน้าขึ้นใหม่ 116

ภาพที่ 3-68 การเพิ่มจุด 116

ภาพที่ 3-69 ลบหน้าและสร้างหน้าขึ้นมาใหม่ 116

ภาพที่ 3-70 จัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 117

ภาพที่ 3-71 สร้างช่องหลักสำหรับการเย็บ 117

ภาพที่ 3-72 การตัดเสื้อของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 118

ภาพที่ 3-73 จัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 118

ภาพที่ 3-74 การสะท้อนเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 119

ภาพที่ 3-75 การสร้างจุดตัดของขริบชุด 120

ภาพที่ 3-76 การลบหน้าและลบจุด 120

ภาพที่ 3-77 การสร้างหน้าขึ้นใหม่ 121

ภาพที่ 3-78 การจัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 121

ภาพที่ 3-79 จัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 122

ภาพที่ 3-80 การสร้างช่องหลักสำหรับการเย็บ 122

ภาพที่ 3-81 การย้ายรูปแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบานกลับมาที่เดิม 123

ภาพที่ 3-82 การรวมวัตถุทั้ง 2 วัตถุ 123

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-83 การเชื่อมเป็นเส้นด้าย 124

ภาพที่ 3-84 การตั้งค่าแบบชุด 124

ภาพที่ 3-85 การตั้งค่าชุด 125

ภาพที่ 3-86 การปรับแต่งเสื้อ 126

ภาพที่ 3-87 การ Apply 126

ภาพที่ 3-88 การชุดมีความสวยงามขึ้น 127

ภาพที่ 3-89 การเพิ่มหน้าของวัตถุที่ขาดหายไป 128

ภาพที่ 3-90 การตั้งค่าก่อนการเชื่อมกระโปรง 129

ภาพที่ 3-91 การเชื่อมกระโปรง 130

ภาพที่ 3-92 การดึงกระโปรงลง 130

ภาพที่ 3-93 สร้าง Loop Cut กระโปรง 130

ภาพที่ 3-94 การตั้งค่ากระโปรง 131

ภาพที่ 3-95 การปรับแต่งชุด 131

ภาพที่ 3-96 การจัดจุดเพื่อทำให้จุดเกิดความสวยงาม 132

ภาพที่ 3-97 ลายของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ 133

ภาพที่ 3-98 Edit Mode ของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ 134

ภาพที่ 3-99 การ Mark seam 135

ภาพที่ 3-100 บริเวณ Mark seam 136

ภาพที่ 3-101 การลงสีของชุด 137

ภาพที่ 3-102 การเลือกหน้า 138

ภาพที่ 3-103 การกาง UV 139

ภาพที่ 3-104 Unwrap 139

ภาพที่ 3-105 เคลื่อนย้ายชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าทับด้านหลัง 140

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-106 การหมุน 141

ภาพที่ 3-107 เลือกลายผ้า 141

ภาพที่ 3-108 Shading 142

ภาพที่ 3-109 การปรับลายผ้า 142

ภาพที่ 3-110 จัดชุดให้ตรงตามลายที่ต้องการ 145

ภาพที่ 3-111 เลือกหน้าของวัตถุด้านหน้า 145

ภาพที่ 3-112 การเพิ่ม Material 144

ภาพที่ 3-113 กาง UV ส่วนท้ายของชุดเดรส 144

ภาพที่ 3-114 เลือกวัตถุทั้งหมดและทำการหมุน 145

ภาพที่ 3-115 การจัดจุดของวัตถุให้เป็นเส้นตรง 145

ภาพที่ 3-116 ใส่ลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า 145

ภาพที่ 3-117 จัดจุดให้ตรงกับลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า 148

ภาพที่ 3-118 Shading ลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า 148

ภาพที่ 3-119 การปรับลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า 147

ภาพที่ 3-120 ลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า 147

ภาพที่ 3-121 ลายชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ 149

ภาพที่ 3-122 ลายชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 150

ภาพที่ 3-123 Edit Mode ของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 151

ภาพที่ 3-124 Mark seam ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 152

ภาพที่ 3-125 บริเวณที่ Mark seam ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 153

ภาพที่ 3-126 การลงสีของชุดชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ 154

ภาพที่ 3-127 การเลือกหน้า 155

ภาพที่ 3-128 การกาง UV 156

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-129 Unwrap 156

ภาพที่ 3-130 เคลื่อนย้ายชุดเดรสกระโปรงทรงบานด้านหน้าทับด้านหลัง 157

ภาพที่ 3-131 การหมุน 158

ภาพที่ 3-132 เลือกลายผ้า 158

ภาพที่ 3-133 Shading 158

ภาพที่ 3-134 การปรับลายผ้า 159

ภาพที่ 3-135 จัดชุดให้ตรงตามลายที่ต้องการ 159

ภาพที่ 3-136 เลือกหน้าของวัตถุด้านหน้า 160

ภาพที่ 3-137 การเพิ่ม Material 160

ภาพที่ 3-138 ลายชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 161

ภาพที่ 3-139 โปรแกรมเบรนเดอร์ 162

ภาพที่ 3-140 การเก็บจุดในโปรแกรมเบรนเดอร์ 162

ภาพที่ 3-141 หน้าต่างโปรแกรมเอ็กซ์เซล 163

ภาพที่ 3-142 การบันทึกจุดจากโปรแกรมเบรนเดอร์ ไปยัง โปรแกรมเอ็กซ์เซล 163

ภาพที่ 3-143 โปรแกรมเอ็กซ์เซล (บันทึกข้อมูล) 163

ภาพที่ 4-1 การเชื่อมเส้นโค้งเบซิเยร์ 164

ภาพที่ 4-2 พิจารณามุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วย 165

ภาพที่ 4-3 เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุโดยพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน 166

ภาพที่ 4-4 เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุโดยพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยม 166

ภาพที่ 4-5 เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุโดยพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง 167

ภาพที่ 4-6 จุดควบคุมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 168

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-7 จุดควบคุมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 169

ภาพที่ 4-8 จุดควบคุมของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 170

ภาพที่ 4-9 จุดควบคุมของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 171

ภาพที่ 4-10 จุดควบคุมของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 172

ภาพที่ 4-11 ตารางแสดงพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 173

ภาพที่ 4-12 ตารางแสดงพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 174

ภาพที่ 4-13 ตารางแสดงพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 174

ภาพที่ 4-14 ตารางแสดงพื้นที่เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 175

ภาพที่ 4-15 ตารางแสดงพื้นที่กระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 175

ภาพที่ 4-16 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน ของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 176

ภาพที่ 4-17 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 178

ภาพที่ 4-18 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน ของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 179

ภาพที่ 4-19 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน ของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 181

ภาพที่ 4-20 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน ของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 182

ภาพที่ 4-21 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 183

ภาพที่ 4-22 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 184

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-23 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และ จุดเปลี่ยน ของเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 185

ภาพที่ 4-24 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และ จุดเปลี่ยน ของเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 185

ภาพที่ 4-25 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และ จุดเปลี่ยน ของกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 186

ภาพที่ 4-26 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจาก เส้นโค้ง ออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 187

ภาพที่ 4-27 จุดควบคุม เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้ง ออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 188

ภาพที่ 4-28 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้ง ออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 189

ภาพที่ 4-29 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้ง ออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 191

ภาพที่ 4-30 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้ง ออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 192

ภาพที่ 4-31 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจาก เส้นโค้งออฟเซ็ต 194

ภาพที่ 4-32 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจาก เส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 194

ภาพที่ 4-33 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจาก เส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 195

ภาพที่ 4-34 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจาก เส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 196

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-35 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 196

ภาพที่ 4-36 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 197

ภาพที่ 4-37 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 199

ภาพที่ 4-38 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 200

ภาพที่ 4-39 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 202

ภาพที่ 4-40 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 203

ภาพที่ 4-41 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า 204

ภาพที่ 4-42 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง 205

ภาพที่ 4-43 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 205

ภาพที่ 4-44 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 206

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-45 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน 206

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์กราฟิกเป็นเทคโนโลยีที่สนใจของคนทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็น ด้านการศึกษาด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรม การคมนาคม การเกษตร และอื่น ๆ อีกหลายด้าน ซึ่งในรายวิชาการศึกษาอิสระเล่มนี้ เป็นการนำเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกช่วยในการสร้างสรรค์งานทางอนิเมชั่น และถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในงานที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งในส่วนของการออกแบบชุดจะใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) ซึ่งเป็นเส้นโค้งที่มีลักษณะเฉพาะตัว จะต้องนำโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender Program) เข้ามาช่วย และจุดเด่นของโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender Program) นี้ก็คือเป็นโปรแกรม Open Source ที่สามารถดาวน์โหลดมาใช้งานได้ฟรี และยังมีความสามารถทัดเทียมกับโปรแกรมสร้างงาน 3 มิติอื่น ๆ ซึ่งมีผู้ใช้งานโปรแกรมนี้กันอย่างแพร่หลาย และจุดเด่นที่น่าสนใจของโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender Program) มีดังนี้

- เป็นโปรแกรมที่ใช้ทรัพยากรระบบและพื้นที่ในการติดตั้งโปรแกรมน้อย และหาดาวโหลดได้จาก https://www.blender.org/2-8/

- มีความสามารถในการสร้างงานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การสร้างการ์ตูนอนิเมชั่น ที่สามารถคลื่นไหวได้ตามต้องการ งานดีไซน์ (ออกแบบลายผ้า โลโก้ เสื้อผ้า และอื่น ๆ) งานสถาปัตยกรรมและตกแต่งภายใน การสร้างสเปเชียลเอ็ฟเฟ็กต์ และการสร้างเกม

จากที่กล่าวมาเบื้องต้นจึงทำให้ผู้คณะผู้จัดทำเกิดความคิดที่จะออกแบบชุดโดยใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) และนำโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender Program) เข้ามาช่วยในการออกแบบชุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) ในการออกแบบชุด

1.2.2 เพื่อศึกษาการเชื่อมเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) ให้ราบเรียบโดยการใช้นิยามของการเชื่อมกันของเส้นโค้งเบซิเยร์แบบ C_0 และ G_0

1.2.3 เพื่อทำการหาเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box) ของแบบชุดโดยพิจารณาจาก จุดปลายแหลม (Cusp Point), จุดมุม (Corner Point), จุดเปลี่ยนเว้า (Inflection Point), จุดเปลี่ยน (Turning Point) และ เส้นโค้งออฟเซ็ต (Offset Curves)

1.2.4 เพื่อทำการหาพื้นที่ของแบบชุด

1.2.5 เพื่อทำการหาพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box) ของแบบชุด และเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ออกแบบชุดโดยใช้เส้นโค้ง Bezier ในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender Program)

1.3.2 ศึกษาการเชื่อมโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) ให้ราบเรียบโดยการใช้นิยามของการเชื่อมกันของเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) แบบ C_0 และ G_0

1.3.3 หาพื้นที่ปิดล้อมของเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) จากแบบชุด

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) มาออกแบบชุด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ มุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) ในการออกแบบชุด คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อมาเป็นแนวทางในการศึกษาการวิจัย ดังต่อไปนี้

2.1 โปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender Program)

2.1.1 ประวัติและความเป็นมาของโปรแกรมเบลนเดอร์ (History of the Blender Program)

2.1.2 จุดเด่นของโปรแกรมเบลนเดอร์ (Highlights of the Blender program)

2.1.3 อินเทอร์เฟสของโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender program interface)

2.1.4 การปรับแต่งหน้าต่างของเบลนเดอร์ (Blender Button window customization)

2.1.5 คำสั่งพื้นฐานโปรแกรมเบลนเดอร์ (Basic commands blender programs)

2.1.6 ตัวอย่างการสร้างงานเบื้องต้นในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Example of creating a basic Job in the Blender program)

2.2 โปรแกรมจีโอจีบรา (Geogebra Program)

2.2.1 ภาพรวมของโปรแกรม

2.2.2 ระบบพีชคณิต

2.3 โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel)

2.3.1 ประวัติและความเป็นมาของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (History of the Microsoft Excel)

2.3.2 จุดเด่นของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Highlights of the Microsoft Excel)

2.3.3 การใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล เบื้องต้น (Using the Microsoft Excel program)

2.4 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ n (Bezier Curve Order n)

2.4.1 ประวัติและความเป็นมาของเส้นโค้งเบซิเยร์ (History of the Blender Program)

2.4.2 ทฤษฎีบททวินาม (Binomial theorem)

2.4.3 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ n (Bezier Curve Order n)

2.4.4 การแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ (Bernstein Polynomial) อันดับ n

2.4.5 อนุพันธ์อันดับ r ของเส้นโค้งเบซิเยร์ (derivative order r of the Bezier curve)

2.4.6 ความต่อเนื่องของเส้นโค้งเบซิเยร์ (The continuation of the Bezier curve)

2.4.7 ความราบเรียบของเส้นโค้งเบซิเยร์ (The smooth of the Bezier curve)

2.5 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 (Linear Bezier curves)

2.5.1 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 (Linear Bezier curves)

2.5.2 การแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ (Bernstein Polynomial) อันดับ 1

2.5.3 อนุพันธ์อันดับ 1 ของเส้นโค้งเบซิเยร์ (derivative order 1 of the Bezier curve)

2.5.4 อนุพันธ์อันดับ 2 ของเส้นโค้งเบซิเยร์ (derivative order 2 of the Bezier curve)

2.6 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 (Quadratic Bezier curve)

2.6.1 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 (Quadratic Bezier curve)

2.6.2 การแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ (Bernstein Polynomial) อันดับ 2

2.6.3 อนุพันธ์อันดับ 1 ของเส้นโค้งเบซิเยร์ (derivative order 1 of the Bezier curve)

2.6.4 อนุพันธ์อันดับ 2 ของเส้นโค้งเบซิเยร์ (derivative order 2 of the Bezier curve)

2.6.5 ความต่อเนื่องของเส้นโค้งเบซิเยร์ (The continuation of the Bezier curve)

2.6.6 ความราบเรียบของเส้นโค้งเบซิเยร์ (The smooth of the Bezier curve)

2.6.7 การคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 (Composite Bezier Curve Order 2)

2.7 สูตรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box) และทฤษฎีของกรีน (Green's Theorem)

2.7.1 เส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box)

1. จุดเอกพจน์ (Singular point), จุดปลายแหลม (Cusp Point), จุดมุม (Corner Point), จุดเปลี่ยนเว้า (Inflection Point) และ จุดเปลี่ยน (Turning Point)

2. เส้นโค้งออฟเซ็ต (Offset Curves)

2.7.2 ทฤษฎีของกรีน (Green's Theorem)

2.1 โปรแกรมเบลนเดอร์

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของโปรแกรมเบลนเดอร์

โปรแกรมเบลนเดอร์ เป็นซอฟต์แวร์เสรี สำหรับงานคอมพิวเตอร์กราฟิกสามมิติ สามารถใช้สร้าง โมเดลสามมิติ, คลี่ UV, ทำพื้นผิว (Texture), จัดการการเคลื่อนไหวแบบใช้กระดูก, จำลองการไหลของน้ำ, จำลองผิวหนัง, คอมพิวเตอร์แอนิเมชัน, เร็นเดอร์, พาทิเคิล, การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์อื่น ๆ, การตัดต่อ, ตกแต่งวีดิทัศน์, ภาพผ่านระบบคอมโพสิต, และยังใช้สร้าง แอปพลิเคชันแบบสามมิติได้อีกด้วย โปรแกรมเบลนเดอร์ทำงานได้บนหลายระบบปฏิบัติการ, เช่น Microsoft Windows, Mac OS X, GNU/Linux, IRIX, Solaris, NetBSD, FreeBSD, OpenBSD และมีการพอร์ตอย่างไม่เป็นทางการไปยังระบบ BeOS, SkyOS, AmigaOS, MorphOS และ Pocket PC Blender มีคุณลักษณะทัดเทียมกับโปรแกรมสามมิติระดับสูงอื่น ๆ เช่น SoftimageIXSI, Cinema 4D, 3 ดีเอสแมกซ์, Lightwave และ Maya โดยมีคุณลักษณะสำคัญ เช่น การกระทบกันระหว่างของไหล, ผ้าถูกลมพัดพริ้ว, และโครงสร้างยืดหยุ่นต่าง ๆ มีระบบ modifier แบบเป็นชั้นสำหรับปรับโมเดล, ระบบจัดการภาพเคลื่อนไหวคุณภาพสูง, ระบบจัดการวัสดุและการคอมโพสิตแบบ node และรองรับ ภาษาไพทอน สำหรับเขียนสคริป Blender ต้องการ OpenGL ในการทำงาน ในปี พ.ศ. 2550 Blender เป็นซอฟต์แวร์แอนิเมชันสามมิติที่ถูก install มากที่สุดในโลก

โปรแกรมเบลนเดอร์ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ภายในอนิเมชันสตูดิโอ NeoGeo และ Not a Number Technologies (NaN) ในประเทศฮอลแลนด์ โดย Ton Roosendaal ซึ่งเคยเขียนโปรแกรมจำลองภาพโดยการคำนวณทิศทางแสงบนเครื่อง Amiga ในปี 1989 โดยชื่อ "Blender" ได้รับแรงบันดาลใจมาจากเพลงของ Yellow จาก album Baby Roosendaal ก่อตั้ง NaN ขึ้นเมื่อเดือนมิถุนายนปีพ.ศ. 2541 ขึ้นเพื่อพัฒนาและเผยแพร่โปรแกรม Blender โดยในระยะแรก Blender เป็นแชร์แวร์จนกระทั่ง NaN เลิกกิจการในปีพ.ศ. 2545 กลุ่มผู้ถือหุ้นตกลงจะขายสิทธิ์ในการจัดการ Blender license ให้เป็นแบบ GPL ในราคา €100,000 ในขณะนั้น (พ.ศ. 2545) และหลังจากที่ Roosendall ได้เริ่มระดมทุนจากการรับบริจาคระยะหนึ่ง ก็ได้ประกาศว่าวันที่ 7 เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2545 ว่าได้รับเงินบริจาคเพียงพอ และ Blender ก็กลายเป็นซอฟต์แวร์เสรีและได้รับการพัฒนาต่อมาจนถึงปัจจุบันภายใต้การดูแลของ Blender Foundation ในระยะแรก Blender Foundation ได้สงวนสิทธิ์ที่จะใช้ dual license (การใช้ license แบบคู่ขนานคืออาจทำสัญญากับบางนิติบุคคลด้วยสัญญาที่ไม่ถูกบังคับ

โดยข้อกำหนดของ GPL) แต่ทางเลือกนี้ไม่ได้ถูกใช้กระทั่งยกเลิกไปในปีพ.ศ. 2548 ปัจจุบันโปรแกรมเบลนเดอร์จึงอยู่ภายใต้สัญญาแบบ GPL เท่านั้น

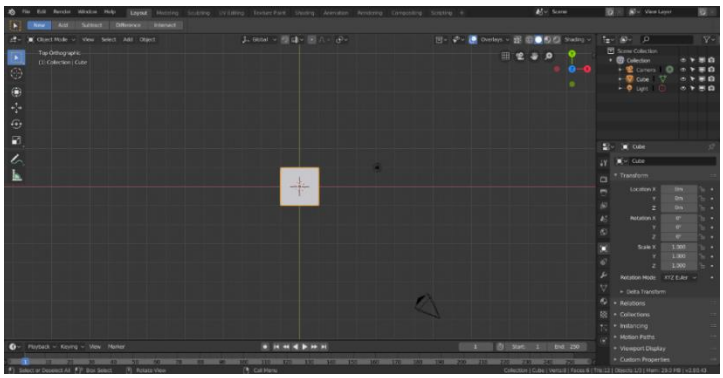
2.1.2 จุดเด่นของโปรแกรมเบลนเดอร์

โปรแกรมเบลนเดอร์ เป็นโปรแกรมสร้างงาน 3 มิติที่มีความสามารถในการสร้างโมเดลรูปทรงต่าง ๆ ทั้งยังกำหนดพื้นผิวหรือลวดลายให้กับวัตถุได้ , สามารถปรับแสง , กำหนดมุมมอง , สร้างชิ้นงานแอนิเมชั่น พร้อมใส่เอ็ฟเฟ็กต์สร้างความเหมือนจริงและชวนติดตาม จนกระทั่งประมวลผลออกมาเป็นชิ้นงาน 3 มิติที่สมบูรณ์แบบ นอกเหนือจากนั้นยังรองรับการสร้างเกม เนื่องจากมีเครื่องมือที่ช่วยในการทำโมเดลสำหรับเกมและการทำงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับเกม เป็นโปรแกรมที่ใช้ทรัพยากรระบบและพื้นที่ในการติดตั้งโปรแกรมน้อยโดยจุดเด่นที่น่าน่าใจของโปรแกรมเบลนเดอร์ มีดังนี้

- มีความสามารถในการสร้างงานได้หลายรูปแบบ เช่น การสร้างการ์ตูนแอนนิเมชั่น งานดีไซน์ งานสถาปัตยกรรมและตกแต่งภายใน การสร้างสเปเชียลเอ็ฟเฟ็กต์ และการสร้างเกม เป็นต้น
- ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม เช่น Windows, Mac, Linux และอื่น ๆ

2.1.3 อินเทอร์เฟสของโปรแกรมเบลนเดอร์

อินเทอร์เฟสของโปรแกรมเบลนเดอร์ จะมีลักษณะแตกต่างจากโปรแกรม 3 มิติตัวอื่นอยู่มาก คือจะเป็นลักษณะของหน้าต่างที่จะแสดงค่าต่าง ๆ ตามแต่ละหน้าต่างไป และเราสามารถที่จะเลือกรูปแบบ ของการจัดวางให้มันแสดงผลได้ตามที่เราต้องการ พูดง่ายๆ อีกอย่างคือ มีความยืดหยุ่นในจากจัดการกับอินเทอร์เฟสได้มาก เพื่อให้เหมาะกับการทำงานในแต่ละแบบที่จะแตกต่างกันออกไป



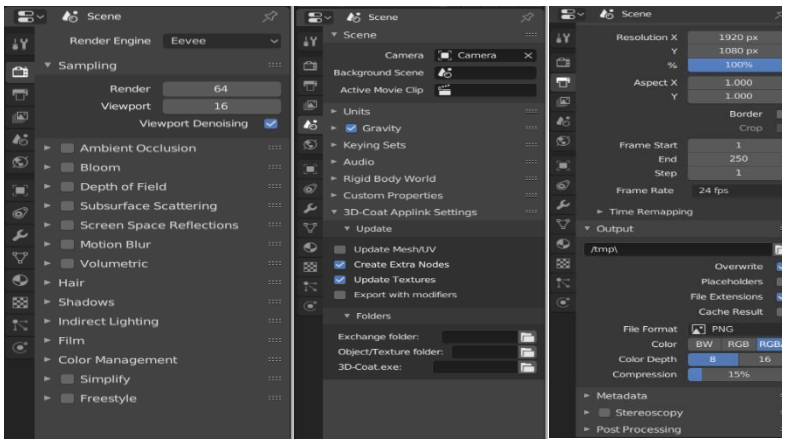
ภาพที่ 2–1 อินเทอร์เฟสมุมมอง 3 มิติ ในโปรแกรมเบลนเดอร์ 2.8(Beta)

อินเทอร์เฟสที่เราได้เห็นในครั้งแรกที่เปิด โปรแกรมเบลนเดอร์ขึ้นมานั้น จะเป็นการนำเอาอินเทอร์เฟส 3 อย่าง เข้ามาประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นอินเทอร์เฟสอย่างที่เห็น อินเทอร์เฟสทั้ง 3 ที่ได้กล่าวไปนั้นก็คือ ส่วนเมนูด้านล่างของการตั้งค่าของผู้ใช้ (User Preferences) ที่ถูกจัดวางเป็นแถบเมนูด้านบนของอินเทอร์เฟส ส่วนของพื้นที่ทำงานตรงกลางก็คือมุมมอง 3 มิติ (3D View) และส่วนสุดท้าย ด้านล่าง ก็คือ (Buttons Window) จากการเรียงตัวกันของ อินเทอร์เฟสทั้ง 3 ทำให้เกิดเป็นอินเทอร์เฟสที่เราได้เห็นในตอนเริ่มต้นที่เปิดโปรแกรมเบลนเดอร์ขึ้นมา

อินเทอร์เฟสของโปรแกรมเบลนเดอร์ นั้นสามารถแบ่งออกเป็นหน้าต่างย่อย ๆ ได้ตามต้องการ ตามที่ได้บอกไว้แล้วว่า มันยืดหยุ่นสูงสำหรับวิธีในการแบ่งอินเทอร์เฟสออกให้เป็นหน้าต่างย่อยๆนั้น เพียงแค่คุณนำเมาส์ไปวาง บริเวณขอบของหน้าต่าง หรือรอยต่อระหว่างหน้าต่าง ให้เคอร์เซอร์ (cursor) เปลี่ยนรูปแบบเป็นลักษณะของ ลูกศรที่มี 2 หัว จากนั้นคลิ๊กขวา จะเกิดเมนูขั้นมา จากเมนูนี้คุณสามารถ แบ่งหน้าต่างออกมาจาก 1 เป็น 2 ได้ด้วยการกดแยกพื้นที่ (Split Area) หรือคุณอาจรวมหน้าต่าง จาก 2 ให้รวมเป็น 1 ก็ได้ด้วยการกด รวมพื้นที่ (Join Areas)

2.1.4 การปรับแต่งหน้าต่างของเบลนเดอร์

Buttons Window จะเป็นหน้าต่างที่เราจะต้องเข้าไปยุ่งเกี่ยวด้วยบ่อยที่สุดรองจากมุมมอง 3 มิติ (3D View) ในการใช้โปรแกรมเบลนเดอร์ทำงานต่าง ๆ ที่จะต้องจัดการกับโมเดล หน้าต่างของ Buttons Window จะใช้สำหรับ ปรับแต่งค่าต่างๆเกี่ยวกับโมเดลที่เราทำ รวมถึงการตั้งค่าบางอย่าง เช่น การเรนเดอร์, พื้นผิว, ลวดลาย ฯลฯ



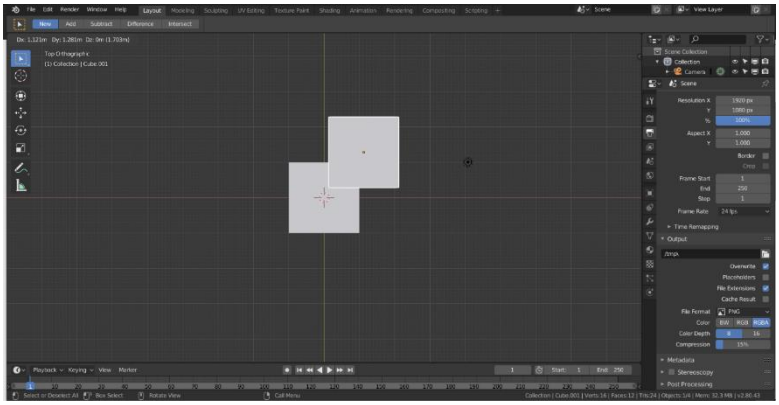
ภาพที่ 2-2 Button window customization Blender 2.8 (Beta)

2.1.5 คำสั่งพื้นฐานโปรแกรมเบลนเดอร์

คำสั่งพื้นฐานที่ใช้สำหรับจัดการกับวัตถุสำหรับโปรแกรมสร้างโมเดล 3 มิติ ทุกตัวควรจะมีก็คงจะหนีไม่พ้น การคัดลอก (Duplicate), (Duplicate Link), การเคลื่อนย้าย (Grab/Move), การหมุน (Rotate) และ การเปลี่ยนขนาด (Scale) การจะใช้คำสั่งเหล่านี้กับวัตถุ (Object) แต่ละชิ้น จะสามารถกระทำกับมันได้ ทั้งในระดับของโหมดวัตถุ (Object mode) และโหมดแก้ไข (Edit mode) ขึ้นอยู่กับว่าต้องการจะทำอะไรกับวัตถุนั้น ๆ

2.1.5.1 การคัดลอก

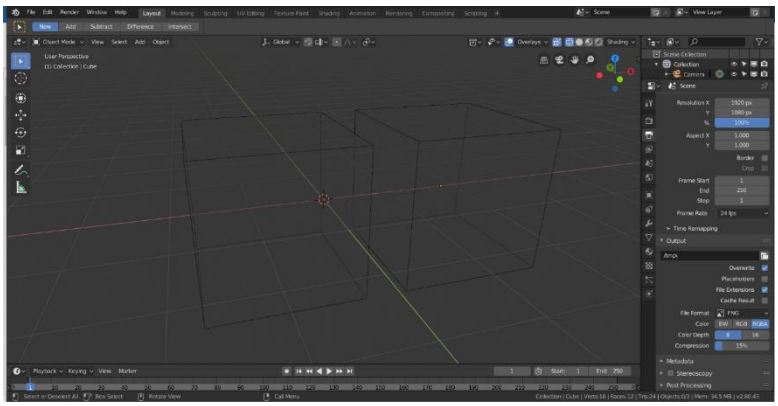
เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับคัดลอกสิ่งที่เลือก โดยการเลือกสิ่งที่ต้องการก่อน จากนั้นกด Shift+D วัตถุที่เลือกจะถูกคัดลอกออกมา ให้เลื่อนเมาส์เพื่อนำวัตถุที่ถูกเลือกออกมา ไปวางในบริเวณที่ต้องการ นอกจากการ Duplicate ในแบบธรรมดาแล้ว ยังมีการ Duplicate อีกรูปแบบหนึ่งคือ Duplicate Link การทำ Duplicate Link นั้นก็คล้ายกับการคัดลอกวัตถุแบบธรรมดา แต่ว่าวัตถุที่ถูกคัดลอกด้วยคำสั่ง Duplicate Link นั้น จะถูกเชื่อมโยงรายละเอียดของวัตถุให้เหมือนกัน กล่าวคือ เมื่อแก้ไขรายละเอียดของวัตถุชิ้นหนึ่ง วัตถุอีกชิ้นที่ถูกเชื่อมโยงกันด้วยคำสั่ง Duplicate Link นั้นก็จะถูกแก้ไขรายละเอียดตามไปด้วย



ภาพที่ 2-3 การใช้คำสั่ง Duplicate กล่องสี่เหลี่ยมออกมา

2.1.5.2 Duplicate Link

การใช้คำสั่ง Duplicate Link นั้นจะมีวิธีใช้งานเหมือนกันคำสั่ง Duplicate ธรรมดา เพียงแต่เปลี่ยนจาก Shift+D เป็น Alt+D เท่านั้น ในการสั่ง Duplicate นั้นจะเป็นการย้ายแบบธรรมดาคือ ย้ายไปตามทิศทางของเมาส์ที่คุณลากไป แต่คุณสามารถที่จะกำหนด แกนที่คุณจะย้ายได้ด้วย แกนที่ว่าก็คือแนวแกนของวัตถุคือ X , Y และ Z โดยการจะย้ายวัตถุตามแนวแกนต่างๆนี้ เพียงแค่คุณกด X , Y หรือ Z ตามหลังจากที่คุณได้กด Shift+D หรือ Alt+D เพื่อสั่ง Duplicate



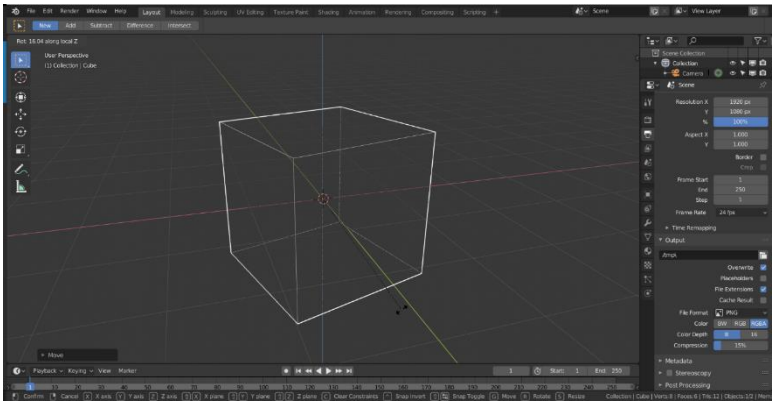
ภาพที่ 2-4 การใช้คำสั่ง Duplicate Link กล่องสี่เหลี่ยมที่แก้ไขวัตถุเพียงชิ้นเดียว

2.1.5.3 การเคลื่อนย้าย

เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายวัตถุ เลือกวัตถุที่ต้องการก่อน จากนั้นกด G จะเข้าสู่คำสั่งเคลื่อนย้าย นอกจากจะสั่งด้วยปุ่ม G แล้วยังสามารถสั่งเคลื่อนย้ายด้วยเมาส์ได้อีกด้วย ด้วยการเลือกวัตถุไว้ก่อน จากนั้นคลิ๊กเมาส์ค้างไว้บนพื้นที่ว่างของมุมมอง 3 มิติ แล้วลากเป็นเส้นตรง (ลากตรง แนวตั้งแนวนอน หรือทะแยงก็ได้) จะเข้าสู่คำสั่งเคลื่อนย้ายเช่นเดียวกับการกด G ในการสั่งเคลื่อนย้ายแบบธรรมดาคือย้ายไปตามทิศทางของเมาส์ที่คุณลากไป แต่คุณสามารถที่จะกำหนด แกนที่คุณจะย้ายได้ด้วย แกนที่ว่าก็คือแนวแกนของวัตถุคือ X , Y และ Z โดยการจะย้ายวัตถุตามแนวแกนต่างๆนี้ เพียงแค่คุณกด X , Y หรือ Z ตามหลังจากที่คุณได้กด G เพื่อสั่งเคลื่อนย้าย

2.1.5.4 การหมุน

เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับหมุนวัตถุ เลือกวัตถุที่ต้องการ จากนั้นกด R จะเข้าสู่คำสั่งการหมุน วัตถุจะหมุนตามการเคลื่อนที่ของเมาส์ สามารถสั่งหมุน ได้ด้วยการลากเมาส์เช่นเดียวกับคำสั่งเคลื่อนย้าย เพียงแต่ทิศทางในการลากเมาส์ของคำสั่งการหมุน นั้นจะต้อง ลากเมาส์วนเป็นวงกลม หรือลากเป็นเส้นตั้งฉาก ก็จะเข้าสู่คำสั่งการหมุน



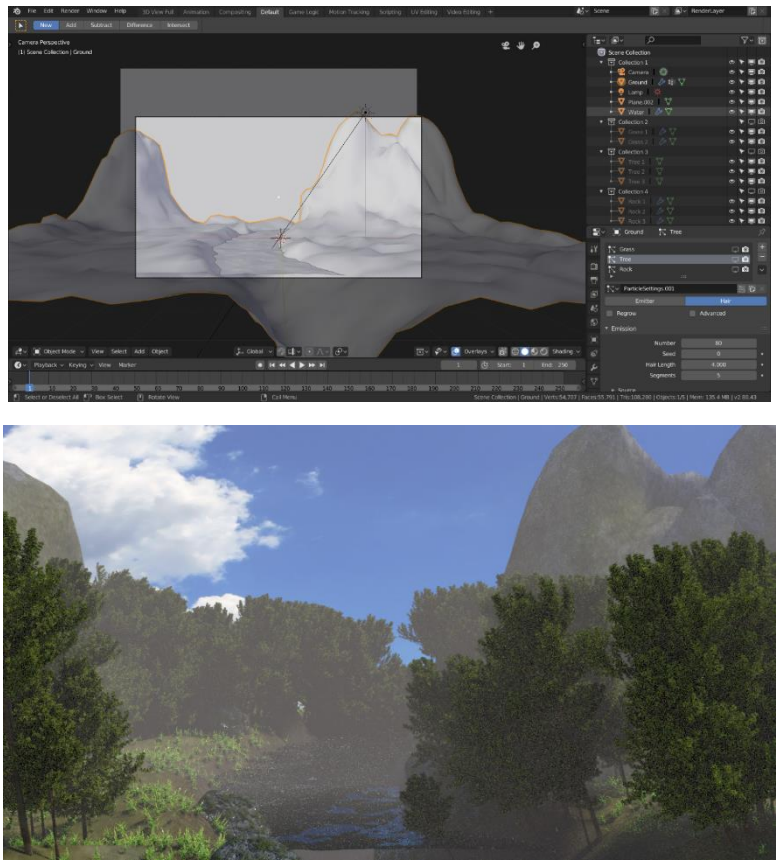
ภาพที่ 2-5 การใช้คำสั่งการหมุน กล่องสี่เหลี่ยมที่หมุนตามแกน Z

2.1.4.5 การเปลี่ยนขนาด

เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับเปลี่ยนขนาดของวัตถุ ซึ่งใช้ได้ทั้งย่อและขยาย เลือกวัตถุที่ต้องการ จากนั้นกด S จะเข้าสู่คำสั่งการเปลี่ยนขนาด ถ้าต้องการย่อวัตถุลงให้ขยับเมาส์เข้าใกล้จุดศูนย์กลางของวัตถุที่เลือก และถ้าต้องการขยายให้ขยับเมาส์ออกห่างจากวัตถุที่เลือก สามารถสั่งการเปลี่ยนขนาดด้วยเมาส์ได้เหมือนคำสั่งเคลื่อนย้ายและการหมุน แต่ทิศทางของการลากเมาส์เพื่อสั่งการเปลี่ยนขนาด นั้นคือการลากเป็นเส้นตรงไปกลับ คือลากเส้นไปตรงๆ แล้วลากกลับมาที่เดิม การสั่งการเปลี่ยนขนาดแบบปกตินั้น วัตถุจะถูกย่อหรือขยายออกทุกๆด้านเท่าๆกัน แต่สามารถเลือกที่จะย่อ/ขยายออกในแกนใดแกนหนึ่ง เช่น แกน X หรือ แกน Z ได้ด้วยการกด X , Y หรือ Z ที่คีย์บอร์ด หลังจากที่คุณกด S เพื่อสั่งการเปลี่ยนขนาด

2.1.6 ตัวอย่างการสร้างงานเบื้องต้นในโปรแกรมเบลนเดอร์

ภาพที่ 2-6 ภาพแสดงการทำงานพื้นหลังและการเรนเดอร์เป็นภาพนิ่งแบบที่ 1



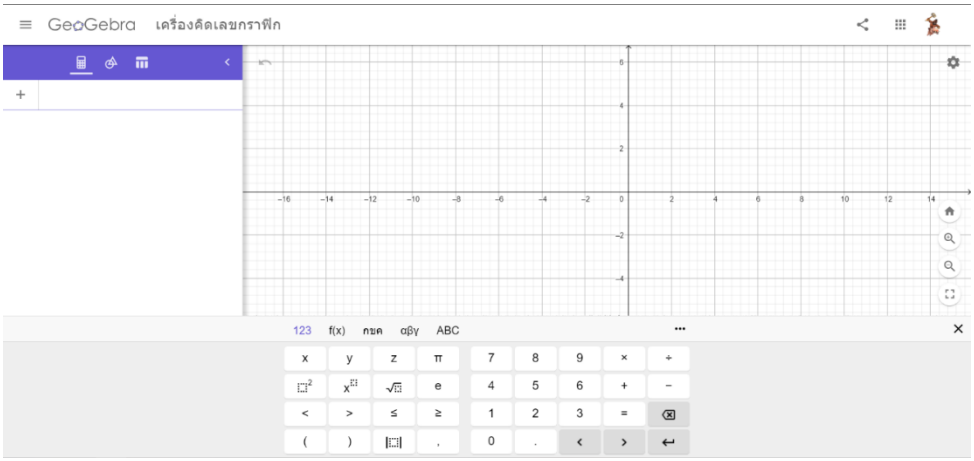
ภาพที่ 2–7 ภาพแสดงการทำงานพื้นหลังและการเรนเดอร์เป็นภาพนิ่งแบบที่ 2

2.2 โปรแกรมจีโอจีบรา

โปรแกรมจีโอจีบรา เป็นโปรแกรมช่วยงานทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะด้านเรขาคณิตทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง ข้อดีที่สำคัญคือ สามารถนำข้อมูลเชิงเรขาคณิต (เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับระบบพิกัด (Coordinate)) ไปใช้ต่อได้ในโปรแกรมอื่น เช่น แมธิแมติกา (Mathematica) (แต่อาจจะต้องมีการแปลงข้อมูลบ้าง) นอกจากนี้ ยังสามารถส่งออก (Export) วัตถุใน 2 มิติ ออกเป็นเลเท็กซ์ (LaTeX) ได้ผ่าน package ‘TikZ’ และบันทึกรูปภาพเป็นไฟล์ประเภทต่าง ๆ ได้ด้วย ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ โดยที่ไฟล์รูปภาพไม่แตก

2.2.1 ภาพรวมของโปรแกรม

เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาใหม่ ๆ เราจะพบหน้าต่างแถบกล่องเครื่องมือ (Toolbox) ซึ่งเป็นสองมิติ



ภาพที่ 2-8 ภาพแสดงเมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาในที่นี้ใช้เป็นเครื่องคิดเลขกราฟิก

2.2.2 ระบบพีชคณิต

มุมมองพีชคณิตคุณสามารถป้อนนิพจน์พีชคณิตโดยตรงโดยใช้ฟิลด์อินพุตแบบรวม (แอปพลิเคชันจีโอจีบรา เว็บและแท็บเล็ต) หรือแถบป้อนข้อมูลที่ด้านล่างของหน้าต่างจีโอจีบรา (GeoGebra Desktop) หลังจากกดปุ่มใส่กุญแจสำคัญในการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับพีชคณิตของคุณจะปรากฏในมุมมองเมนู พีชคณิตดูในขณะที่การแสดงกราฟิกของมันจะปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติในกราฟิกดู มุมมองกราฟิก

ป้อนข้อมูลโดยตรง ตัวอย่างใส่ : y = 2 x + 3 จะช่วยให้คุณสมการเชิงเส้นในมุมมองเมนู พีชคณิตดูและสายที่สอดคล้องกันในกราฟิกดูมุมมองกราฟิก

คำสั่ง จีโอจีบรายังมีช่วงกว้างของคำสั่งที่สามารถใช้ในการสร้างวัตถุในพีชคณิตดูมุมมองเมนู เพียงเริ่มพิมพ์ชื่อของคำสั่งลงในแถบป้อนข้อมูลหรือฟิลด์ป้อนข้อมูลและ จีโอจีบราจะเสนอรายการคำสั่งที่ตรงกับอินพุตของคุณ

เครื่องมือ ถึงแม้ว่ามุมมองพีชคณิตจะไม่มีแถบเครื่องมือ (Toolbar) แต่คุณสามารถสร้างวัตถุที่อ้างอิงได้ เลือกเครื่องมือจากที่กราฟิกดูแถบเครื่องมือและคลิกที่วัตถุใด ๆ ที่เหมาะสมในมุมมองเมนู พีชคณิตดูเพื่อที่จะสร้างใหม่วัตถุขึ้นอยู่กับ

การดัดแปลงวัตถุทางคณิตศาสตร์ คุณสามารถปรับเปลี่ยนการแสดงเกี่ยวกับพีชคณิตของวัตถุทางคณิตศาสตร์โดยตรงในพีชคณิตดู มุมมองเมนู เปิดใช้งานโหมด ย้ายเครื่องมือและดับเบิลคลิกวัตถุฟรีในพีชคณิตดูมุมมองเมนู ในกล่องข้อความที่ปรากฏคุณสามารถปรับเปลี่ยนการแสดงพีชคณิตได้โดยตรง หลังจากกดปุ่ม Enter ทั้งการแสดง

พีชคณิตในมุมมองเมนู มุมมองพีชคณิตและการแสดงกราฟิกของวัตถุในมุมมองกราฟิก มุมมองกราฟิกจะปรับให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของคุณโดยอัตโนมัติ หากคุณดับเบิลคลิกที่วัตถุที่ต้องพึ่งพาในมุมมองเมนู มุมมองพีชคณิตหน้าต่างข้อความจะปรากฏขึ้นเพื่อให้คุณสามารถกำหนดวัตถุใหม่ได้

การแสดงวัตถุทางคณิตศาสตร์ โดยค่าเริ่มต้นวัตถุทางคณิตศาสตร์ที่จัดโดยชนิดของวัตถุในพีชคณิตดูมุมมองเมนู algebra.svg ในจีโอจีบร้า เดสก์ท็อป, คุณอาจจะใช้บาร์สไตล์ตัวเลือก albarbraview Stylingbar วัตถุการจัดเรียง by.svg เรียงลำดับโดยในการสั่งซื้ออีกครั้งจัดเรียงวัตถุโดยการอ้างอิง , ชั้นหรือสั่งซื้อก่อสร้าง

2.3 โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

2.3.1 ประวัติและความเป็นมาของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel) เป็นโปรแกรมประเภทตารางการคำนวณ (สเปรดชีต) พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ และเป็นโปรแกรมหนึ่งในชุดไมโครซอฟท์ออฟฟิศ สำหรับจัดการและคำนวณข้อมูลในรูปแบบตาราง อีกทั้งสามารถจัดทำกราฟแผนภูมิเพื่อแสดงผลข้อมูลได้ โดยเวอร์ชันล่าสุดคือ ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2016 (Microsoft Excel 2016)

ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล เป็นโปรแกรมประเภทตารางการคำนวณ (สเปรดชีต) พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ และเป็นโปรแกรมหนึ่งในชุดไมโครซอฟท์ ออฟฟิศสำหรับจัดการและคำนวณข้อมูลในรูปแบบตาราง อีกทั้งสามารถจัดทำกราฟแผนภูมิเพื่อแสดงผลข้อมูลได้ โดยเวอร์ชันล่าสุด คือ ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล เป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมในด้านการการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยใช้ฟังก์ชันพื้นฐาน บวกลบคูณหารยกกำลังรวมถึงฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ระดับสูง เช่น เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ (Modulo) ตรีโกณมิติ (Sin, Cos, Tan) ฟังก์ชันทางสถิติ เช่น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ฟังก์ชันทางการเงิน เช่น การคิดค่าเสื่อมราคาการคำนวณค่าปัจจุบัน ฟังก์ชันในการตัดต่อคำ เช่น Concatenate ฟังก์ชันในการค้นหาข้อมูล เช่น ค้นหา (Lookup), ฟังก์ชันสำหรับการค้นหาและการอ้างอิง (vlookup) และ ค้นหาค่าในแถวบนของตาราง (hlookup) สำหรับส่วนที่ถือว่าเป็นสิ่งที่เยี่ยมยอดของ

ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล คือ การใช้งานในรูปแบบของฐานข้อมูล ซึ่งสามารถจัดการฐานข้อมูลที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก คือ มีประมาณไม่เกิน 65,000 ตาราง ไม่ว่าจะเป็นตัวกรองการเรียงลำดับข้อมูล (Sort) คำนวณยอดรวม (Subtotal) และตารางไพวอต (Pivot Table) เป็นคำสั่งสำหรับสรุปข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ดูได้ง่ายสามารถหมุนเปลี่ยนตามต้องการ นอกจากนี้ยังสามารถทำกราฟในแบบต่าง ๆ เช่นเส้นตรง วงกลม กราฟรูปแท่ง กราฟแท่งเทียนที่ใช้กับการวิเคราะห์หุ้นก็ทำได้ กราฟพื้นที่สามารถทำกราฟต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติได้ด้วย รวมถึงทำกราฟ 2 ชนิดในรูปเดียวกันได้ด้วย

ในปี พ.ศ. 2522 บริษัท วิสิคอร์ป ได้ประกาศแนะนำโปรแกรมตารางทำงานโปรแกรมหนึ่งชื่อ วิสิแคลค์ สำหรับใช้งานกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แอปเปิล วิสิแคลค์ เป็นโปรแกรมตารางทำงานที่ยึดหลักว่าผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านโปรแกรมมาก่อนเลย การใช้งานจึงทำได้ง่ายและนี่เองเป็นหลักที่ทำให้วิสิแคลค์ประสบความสำเร็จมีผู้นิยมใช้กันมากในยุคนั้น ต่อมาปี พ.ศ. 2525 บริษัทไมโครซอฟต์ ซึ่งเป็นบริษัทใหญ่ในการผลิตซอฟแวร์ และประสบความสำเร็จทางด้านการพัฒนาคอมพิวเตอร์มาแล้วมากมาย และซอฟแวร์ตัวหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มตารางทำงาน คือ แลติแพลน (Multiplan)

ต่อมาบริษัทไมโครซอฟต์ได้พัฒนาระบบปฏิบัติงานวินโดว์ เพื่อให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นโดยเน้นรูปแบบการทำงานเป็นกราฟิกและได้มีการพัฒนาโปรแกรมทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์นี้ โปรแกรมทำงานนี้ชื่อว่า ไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบัน

2.3.2 จุดเด่นของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซลเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้เนื้อที่ขนาดใหญ่ทำงานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ตารางในแนวตั้ง เรียกว่า สดมภ์ (Column) จะมีชื่อกำกับเป็นภาษาอังกฤษเริ่มจาก A,B,C,... เรื่อยไปจนสุดขอบตารางทางขวา รวมทั้งสิ้น 256 สดมภ์ ตารางในแนวนอน เรียกว่า แถว (Row) จะมีตัวเลขกำกับแถวเป็นบรรทัดที่ 1, 2, 3,.... เรื่อยไปจนถึงบรรทัดสุดท้ายจำนวนบรรทัดจะแตกต่างกันตามโปรแกรมที่ใช้งาน สำหรับโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลจะมีทั้งสิ้น 65,536 บรรทัด ช่องแต่ละช่องที่แนวตั้งและแนวนอนตัดกันเรียกว่า เซลล์ (Cell) ใช้สำหรับใส่ข้อมูลหรือสูตรคำนวณ เมื่อใส่ข้อมูลหรือ

สูตรลงไปแล้วโปรแกรมสามารถคำนวณค่าโดยอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้โดยอัตโนมัติ และถ้ามีการเปลี่ยนค่าใด ๆ ที่มีการอ้างอิงกับสูตร โปรแกรมจะมีการคำนวณใหม่ให้โดยอัตโนมัติเช่นกันและนอกจากนี้ไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล ยังมีความสามารถอีกมากมายดังต่อไปนี้

- สร้างและแสดงรายงานของข้อมูล ตัวอักษร และตัวเลข โดยมีความสามารถในการ จัดรูปแบบให้สวยงามน่าอ่าน เช่น การกำหนดสีพื้น การใส่แรเงา การกำหนดลักษณะและสีของ เส้นตาราง การจัดวางตำแหน่งของตัวอักษร การกำหนดรูปแบบและสีตัวอักษร เป็นต้น
- อำนวยความสะดวกในด้านการคำนวณต่าง ๆ เช่น การบวก ลบ คูณ หารตัวเลข และยังมีฟังก์ชันที่ใช้ในการคำนวณอีกมากมาย เช่น การหาผลรวมของตัวเลขจำนวนมาก การหา ค่าทางสถิติและการเงิน การหาผลลัพธ์ของโจทย์ทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น
- สร้างแผนภูมิ (Chart) ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแสดงและการเปรียบเทียบข้อมูลได้หลายรูปแบบ เช่น แผนภูมิคอลัมน์ แผนภูมิเส้น แผนภูมิวงกลม ฯลฯ
- มีระบบขอความช่วยเหลือ (Help) ที่จะคอยช่วยให้คำแนะนำ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เช่น หากเกิดปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม หรือสงสัย เกี่ยวกับวิธีการใช้งาน แทนที่จะต้องเปิดหาในหนังสือคู่มือการใช้งานของโปรแกรม ก็สามารถขอ ความช่วยเหลือจากโปรแกรมได้ทันที
- มีความสามารถในการค้นหาและแทนที่ข้อมูล โดยโปรแกรมจะต้องมีความสามารถในการค้นหาและแทนที่ข้อมูล เพื่อทำการแก้ไขหรือทำการแทนที่ข้อมูลได้สะดวก และรวดเร็ว
- มีความสามารถในการจัดเรียงลำดับข้อมูล โดยเรียงแบบตามลำดับ จาก A ไป Z หรือจาก 1 ไป 100 และเรียงย้อนกลับจาก Z ไปหา A หรือจาก 100 ไปหา 1
- มีความสามารถในการจัดการข้อมูลและฐานข้อมูล ซึ่งเป็นกลุ่มของข้อมูลข่าวสารที่ถูกรวบรวมเข้าไว้ด้วยกันในตารางที่อยู่ในแผ่นงาน (Worksheet) ลักษณะของการเก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็น ฐานข้อมูลมนโปรแกรมตารางงานจะเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง โดย

แต่ละแถวของรายการจะเป็น ระเบียน หรือเรคอร์ด (Record) และคอลัมน์จะเป็นฟิลด์ (Field)

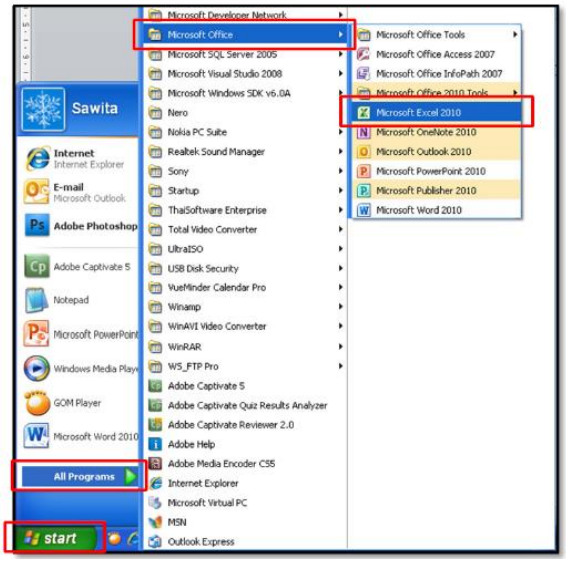
- ความสามารถด้านการคำนวณไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล สามารถป้อนสูตรการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร เป็นต้น
- ความสามารถด้านใช้ฟังก์ชัน เช่น ฟังก์ชันเกี่ยวกับตัวอักษร ตัวเลข วันที่ ฟังก์ชันเกี่ยวกับการเงิน หรือเกี่ยวกับการตัดสินใจ
- ความสามารถในการสร้างกราฟไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล สามารถนำข้อมูลที่ป้อนลงในตารางมาสร้างเป็นกราฟได้ทันที
- ความสามารถในการตกแต่งตารางข้อมูลไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล สามารถตกแต่งตารางข้อมูลหรือกราฟ ข้อมูลด้วยภาพสี และรูปแบบตัวอักษรต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสวยงามและทำให้แยกแยะข้อมูลได้ง่ายขึ้น
- ความสามารถในการเรียงลำดับข้อมูลไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล สามารถคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่ต้องการมาวิเคราะห์ได้
- ความสามารถในการพิมพ์งานออกทางเครื่องพิมพ์ไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล สามารถพิมพ์งานทั้งข้อมูลรูปภาพภาพ หรือกราฟออกทางเครื่องพิมพ์ได้ทันที ซึ่งทำให้ง่ายต่อการสร้างรายงาน
- ความสามารถในการแปลงข้อมูลในตารางให้เป็นเว็บเพจ เพื่อนำไปแสดงในโฮมเพจ

2.3.3 การใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล เบื้องต้น

ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซลคือ โปรแกรมที่เหมาะกับงานด้านการคำนวณการตีตาราง การหาค่าสูตรต่าง ๆ การสร้างกราฟโดยที่เมื่อเปลี่ยนแปลงตัวเลขใด ๆ โปรแกรมจะทำการคำนวณสูตรที่เชื่อมโยงกับตัวเลขนั้น ๆ ให้อัตโนมัติในการทำงานของโปรแกรมจะใช้ตารางตามแนวตั้ง (columns) และแนวนอน (rows) เป็นหลัก

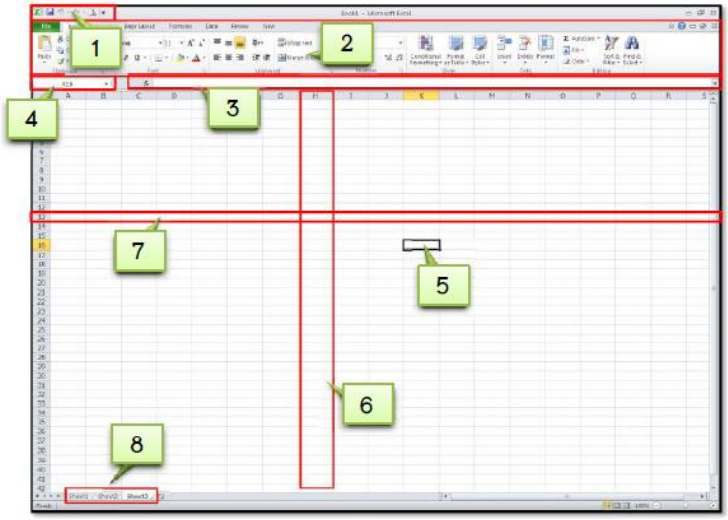
- **การเรียกใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010**

  การเปิดโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010 เพื่อการใช้งานเริ่มต้น ให้ไปที่ เริ่มต้น (Start) > All Programs > Microsoft Office > Microsoft Excel 2010



ภาพที่ 2-9 ภาพแสดงการเปิดใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010

- **ส่วนประกอบของการใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010**



ภาพที่ 2-10 ภาพแสดงส่วนประกอบของการใช้งานโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010

1.) เครื่องมือเข้าถึงด่วน (Quick Access) เป็นส่วนที่รวบรวมเมนูหรือเครื่องมือสำคัญ และนิยมใช้เป็นประจำ โดยผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือลบเครื่องมือต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ

2.) ริบบอน (Ribbon) เป็นส่วนที่รวบรวมชุดคำสั่ง และเครื่องมือต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยมีการจัดแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อสามารถเรียกใช้งานได้สะดวก

3.) แถบเครื่องมือสูตร (Formula Bar) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับพิมพ์ข้อความ ตัวเลข และสูตรทางคณิตศาสตร์

4.) กล่องชื่อ (Name box) เป็นส่วนที่ใช้บอกตำแหน่งของเซลล์ หรือชื่อของเซลล์ที่ถูกเลือกทำงาน

5.) พื้นที่ทำงาน (Work Space) เป็นส่วนของพื้นที่ที่ใช้ในการพิมพ์ข้อความ หรือตัวเลขลงไปในชีทงาน

6.) คอลัมน์ (Column) เป็นส่วนของแถวที่อยู่ในแนวตั้งของชีทงาน โดยมีชื่อของหัวแถวเป็นอักษร A, B, ...,XFD

7.) แถว (Row) เป็นส่วนของแถวที่อยู่ในแนวนอนของชีทงาน โดยมีชื่อของหัวแถวเป็นตัวเลข 1, 2, 3,...,1,048

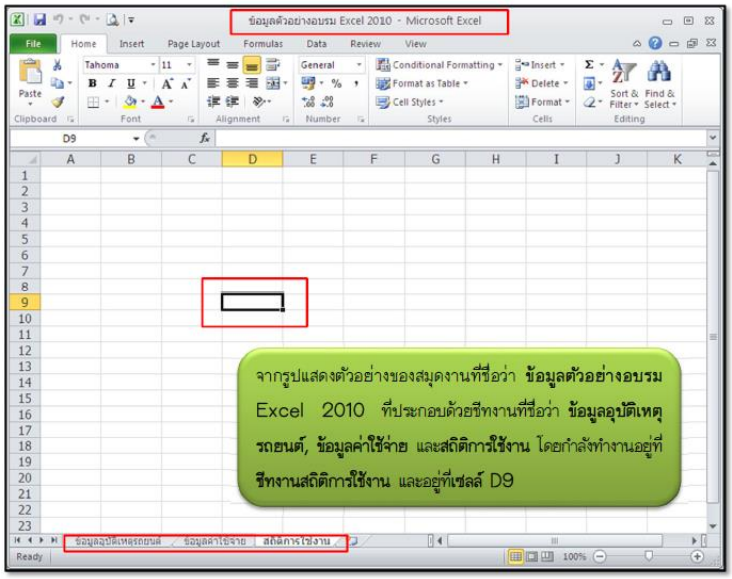
8.) ป้ายชื่อ (Sheet tab) เป็นส่วนที่แสดงชื่อของชีทงานที่เลือกใช้อยู่ โดยปกติโปรแกรมจะทำให้ 3 ชีทงาน เมื่อทำการสร้างไฟล์ใหม่

- **ส่วนประกอบหลักของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010**

1.) สมุดงาน (Workbook) คือ ไฟล์งานหลักของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010 ที่ประกอบด้วยชีทงานตามที่ผู้ใช้สร้างขึ้น และจัดเก็บบันทึกเป็นไฟล์งาน เพื่อนำมาเพิ่มเติมแก้ไขในครั้งต่อไป

2.) ชีทงาน (Worksheet) คือ หน้ากระดาษแต่ละหน้าที่อยู่ในสมุดงาน โดยใช้เป็นพื้นที่สำหรับทำงานทุก ๆ อย่าง ซึ่งปกติเมื่อสร้างสมุดงานใหม่ จะมีชีทงานมาให้ด้วย 3 ชีทงานเสมอ

3.) เซลล์ (Cell) คือ ช่องสี่เหลี่ยมที่เกิดจากจุดตัดของแถวและคอลัมน์ ใช้สำหรับกรอกตัวเลขหรือข้อความลงไป เพื่อนำไปบันทึกผล หรือคำนวณค่าต่าง ๆ ในการเรียกเซลล์จะดูจากตัวอักษรที่อยู่บนคอลัมน์ และจากตัวเลขที่อยู่หัวแถว



ภาพที่ 2-11 ภาพแสดงตัวอย่างส่วนประกอบหลักของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล 2010

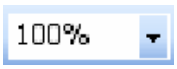
- **แถบเครื่องมือมาตรฐาน(Standard) ของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล**

ภาพที่ 2-12 ภาพแสดงแถบเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

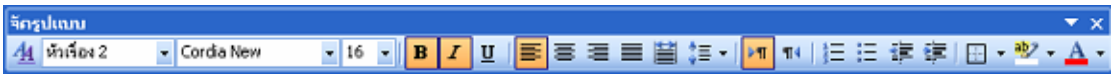
ตารางที่ 2-1 แสดงคำอธิบายแถบเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

ปุ่ม	ชื่อปุ่ม	หน้าที่
	New (สร้าง)	- เปิดเอกสารชุดใหม่
	Open (เปิด)	- เรียกเอกสารชุดเก่าที่เก็บบันทึกไว้มาใช้
	Save (บันทึก)	- สั่งเก็บบันทึกเอกสาร
	Permission (สิทธิ)	- การจัดการสิทธิ์ในการใช้ข้อมูล
	E-mail (อีเมล์ตามใบแนบ)	- เปิดโปแกรมสร้างอีเมล์พร้อมแนบไฟล์ของ Word ไปด้วย
	Print (พิมพ์)	- สั่งพิมพ์เอกสารลงบนกระดาษ

ปุ่ม	ชื่อปุ่ม	หน้าที่
	Print Preview (ตัวอย่างก่อนพิมพ์)	– แสดงผลการพิมพ์บนหน้าจอเพื่อดูก่อนพิมพ์จริง
	Spelling (การสะกด)	– ตรวจสอบการสะกดคำตามพจนานุกรม
	Research (การวิจัย)	– ให้ข้อมูลอ้างอิงสำหรับงานวิจัย
	Cut (ตัด)	– ลบข้อความ หรือออบเจ็คที่เลือกไว้ไปไว้ในคลิปบอร์ด
	Copy (คัดลอก)	– คัดลอกข้อความ หรือออบเจ็คที่เลือกไว้ไปไว้ในคลิปบอร์ด
	Past (วาง)	– นำข้อความ หรือออบเจ็คมาวางในเอกสารตรงที่ต้องการ
	Format Painter (ตัวคัดวางรูปแบบ)	– คัดลอกรูปแบบข้อความหนึ่งไปใส่ให้กับอีกข้อความ
	Undo (เลิกทำ)	– ยกเลิกคำสั่งหรือการทำงานที่ทำล่าสุด
	Redo (ทำอีกครั้ง)	– เรียกทำคำสั่งหรือการทำงานที่ถูกยกเลิกไป
	Hyperlink (การเชื่อมโยงหลายมิติ)	– สร้างการเชื่อมโยงจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ไปยังเอกสารหรือไปยังส่วนอื่นในเอกสารเดียวกันหรือ URL
	Table & Border (ตารางและเส้นขอบ)	– แสดง/ไม่แสดงแถบเครื่องมือตารางและเส้นขอบ
	Insert Table (แทรกตาราง)	– ใส่ตารางในเอกสาร

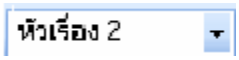
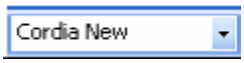
ปุ่ม	ชื่อปุ่ม	หน้าที่
	Insert Microsoft Excel	– แทรกสเปรดชีทของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล
	Columns (คอลัมน์)	– จัดข้อความเป็นหลายคอลัมน์เหมือนหนังสือพิมพ์
	Drawing (รูปวาด)	– เปิด/ปิดแถบเครื่องมือรูปวาด
	Document Map (แมปเอกสาร)	– เปิด/ปิดแผนที่เอกสาร
	Show/Hide (ซ่อน/แสดง)	– ซ่อนหรือแสดงสัญลักษณ์พิเศษซึ่งจะไม่ถูกพิมพ์ออกมา
	Zoom (ย่อย/ขยาย)	– ย่อหรือขยายเอกสารที่แสดงบนหน้าจอตามเปอร์เซ็นต์ที่เลือก
	Office Assistant	– แสดง Office Assistant ซึ่งเป็นตัวการ์ตูนที่ให้คำแนะนำในการใช้งาน
	Read (มุมมองเค้าโครงการอ่าน)	– เปลี่ยนเค้าโครงของหน้ากระดาษและปรับปรุงการแสดงผลของตัวอักษรเพื่อทำให้ผ่านข้อมูลได้สะดวกขึ้นเหมาะกับหน้ากระดาษที่มีข้อความยาว ๆ แต่จะไม่เหมาะกับพวกกราฟิกหรือตาราง

- **แถบเครื่องมือจัดรูปแบบ (Formatting)ของโปรแกรม Microsoft Excel**



ภาพที่ 2–13 ภาพแสดงแถบเครื่องมือจัดรูปแบบของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

ตารางที่ 2-2 แสดงคำอธิบายแถบเครื่องมือจัดรูปแบบของโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

ปุ่ม	ชื่อปุ่ม	หน้าที่
	Styles and Format (ลักษณะและรูปแบบ)	– เปิดทาสก์เพน (Styles and Formatting)
	Style (ลักษณะ)	– แสดงหรือใช้เลือก Style (รูปแบบ) ของข้อความตรงที่เคอร์เซอร์อยู่
	Font (แบบอักษร)	– แสดงหรือเลือกแบบของตัวอักษรตรงที่เคอร์เซอร์อยู่
	Font Size (ขนาดแบบอักษร)	– แสดงหรือใช้เลือกขนาดของตัวอักษรที่เคอร์เซอร์อยู่
	Bold (ตัวหนา)	– ทำเป็นตัวหนาหรือยกเลิก
	Italic (ตัวเอียง)	– ทำเป็นตัวเอียงหรือยกเลิก
	Underline (ขีดเส้นใต้)	– ขีดเส้นใต้หรือยกเลิก
	Align Left (จัดชิดซ้าย)	– จัดข้อความให้ชิดซ้าย
	Center (กึ่งกลาง)	– จัดข้อความให้อยู่กลางบรรทัด
	Align Right (จัดชิดขวา)	– จัดข้อความให้ชิดขวา
	Justify (ชิดขอบ)	– จัดข้อความให้เสมอกันทั้งซ้ายและขวา
	Distributed (กระจาย)	– เหมือนชิดขอบแต่จะเพิ่มช่องไฟ ระหว่างอักษรและประโยคในภาษไทยเพื่อความสวยงาม
	Line Spacing	– ปรับระยะห่างระหว่างบรรทัด

ปุ่ม	ชื่อปุ่ม	หน้าที่
	Numbering (ลำดับเลข)	– เติมหรือยกเลิกเลขลำดับหน้าข้อความ
	Bullets (สัญลักษณ์แสดงหัวข้อย่อย)	– เติม หรือยกเลิกจุดสีดำ (bullets) หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ หน้าข้อความ
	Decrease Indent (ลดการเยื้อง)	– ร่นทั้งย่อหน้าไปทางซ้าย 1 ขั้น
	Increase Indent (เพิ่มการเยื้อง)	– ร่นทั้งย่อหน้าไปทางขวา 1 ขั้น
	Outside Bolder (เส้นขอบนอก)	– ตีเส้นหรือลงเส้นที่ขอบด้านต่าง ๆ
	Highlight (เน้น)	– เลือกแถบสีเพื่อเน้นข้อความ (เหมือนปากกสีสะท้อนแสง)
	Font Color (สีแบบอักษร)	– เลือกสีของตัวอักษร

2.4 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ n

2.4.1 ประวัติและความเป็นมาของเส้นโค้งเบซิเยร์

เส้นโค้งเบซิเยร์ ในคณิตศาสตร์ถือว่าเป็นเส้นโค้งหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในเรื่องของ คอมพิวเตอร์กราฟิก เพราะวิธีการที่เสถียรที่สุด ในการสร้างจุดต่างๆบนเส้นโค้งเบซิเยร์สามารถทำได้โดยใช้ ขั้นตอนวิธีของเดอคาสเซิลโจ (de Casteljau's algorithm)

เส้นโค้งเบซิเยร์ถูกเผยแพร่สู่สาธารณชนเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2505 โดยนักวิศวกรชาว ฝรั่งเศส ที่ชื่อ ปิแอร์ เบซิเยร์ (Pierre Bézier) ซึ่งขณะนั้นเป็นนักวิชาการอยู่ในแผนกออกแบบที่บริษัทรถยนต์ยี่ห้อเรโนลต์ แต่ในความเป็นจริงแล้ว เส้นโค้งนี้ได้ถูกคิดค้นเป็นครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ. 2502 โดยนายพอล เดอ คาสเซิลโจ (Paul de Casteljau)

2.4.2 ทฤษฎีบททวินาม

ก่อนที่จะมาศึกษาเรื่องพหุนามเบิร์นสไตน์ เราต้องมารู้จักกับสามเหลี่ยมปาสคาล ซึ่งหาได้จากการกระจายทวินาม เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวกหรือศูนย์ ดังนี้

เมื่อ

$$
\begin{aligned}
n &= 0 \;;\; (a+b)^0 = 1 \\
n &= 1 \;;\; (a+b)^1 = a+b \\
n &= 2 \;;\; (a+b)^2 = a^2+2ab+b^2 \\
n &= 3 \;;\; (a+b)^3 = a^3+3a^2b+3ab^2+b^3 \\
n &= 4 \;;\; (a+b)^4 = a^4+4a^3b+6a^2b^2+4ab^3+b^4 \\
n &= 5 \;;\; (a+b)^5 = a^5+5a^4b+10a^3b^2+10a^2b^3+5ab^4+b^5 \\
&\vdots \\
n &= k \;;\; (a+b)^k = a^k + a^{(k-1)}b\binom{k}{1} + a^{(k-2)}b^2\binom{k}{2} + \ldots + a^{(k-k)}b^k\binom{k}{k} \\
&\vdots
\end{aligned}
$$

สามารถเขียนแผนภาพเฉพาะสัมประสิทธิ์ของการกระจายทวินาม เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวกหรือศูนย์ ได้ดังนี้

$$
\begin{array}{lllccccccccccc}
n = 0 \;; & & & & & & 1 & & & & & & \\
n = 1 \;; & & & & & 1 & & 1 & & & & & \\
n = 2 \;; & & & & 1 & & 2 & & 1 & & & & \\
n = 3 \;; & & & 1 & & 3 & & 3 & & 1 & & & \\
n = 4 \;; & & 1 & & 4 & & 6 & & 4 & & 1 & & \\
n = 5 \;; & 1 & & 5 & & 10 & & 10 & & 5 & & 1 & \\
\vdots & & \iddots & & & & & & & & & & \ddots \\
n = k \;; & 1 & \binom{k}{1} & & \binom{k}{2} & & \cdots & & \binom{k}{k-2} & & \binom{k}{k-1} & & 1
\end{array}
$$

$$
\vdots
$$

จากการพิจารณาสามเหลี่ยมของปาสคาลตามแผนภาพ เราจะสามารถเขียนสูตร $(a+b)^n$ ที่เกี่ยวข้องกับสัมประสิทธิ์ทวินาม $\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ เมื่อ n, k เป็นจำนวนเต็มบวกใดๆ ซึ่ง $0 \le k \le n$ เป็นสูตรได้ดังนี้

$$(a+b)^n = \sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}a^{n-k}b^k$$

ต่อไปเราจะกล่าวถึงคลาสของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับที่ n ซึ่งนิยามโดย

$$b_{n,k}(t) = \binom{n}{k}(1-t)^{n-k}t^k \qquad ,k=0,1,2,\ldots,n$$

จากสูตร

$$(a+b)^n = \sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}a^{n-k}b^k \tag{1}$$

เมื่อกำหนด $a=1-t$ และ $b=t$ ในเทอมด้านขวาของสมการ (1) ดังนี้

$$(a+b)^n = \sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(1-t)^{n-k}t^k \tag{2}$$

เราจะเห็นว่าการกระจายทวินาม $(a+b)^n$ คือ ผลรวมของคลาสของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับที่ n และเมื่อพิจารณาเทอมด้านซ้ายของสมการ (2) โดยการแทน $a=1-t$ และ $b=t$ ซึ่งทำให้

$$\begin{aligned} 1 &= ((1-t)+t)^n \\ &= \sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(1-t)^{n-k}t^k \\ &= \sum_{k=0}^{n}b_{n,k}(t) \end{aligned}$$

เราพบว่า ผลรวมของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับที่ n มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติพิเศษของพหุนามเบิร์นสไตน์ และเรียก $b_{n,k}(t)$ ว่า คลาสของพหุนามเบิร์นสไตน์อันดับที่ n

2.4.3 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ n

เส้นโค้งของเบซิเยร์ เกิดจากผลรวมเชิงเส้นระหว่างคลาสของพหุนามเบิร์นสไตน์อันดับที่ n กับจุดควบคุม $P_0,P_1,P_2,\ldots,P_n$ ซึ่งมีรูปแบบของสมการดังนี้

$$B_n(t,P_0,P_1,P_2,\ldots,P_n) = \sum_{k=0}^{n}b_{n,k}(t)P_k \tag{3}$$

โดยที่ $b_{n,k}(t) = \binom{n}{k}(1-t)^{n-k}t^k$ และ $P_k = (x_k,y_k,z_k)$ เมื่อ $k=0,1,2,\ldots,n$

2.4.4 การแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับ n

เรากำลังจะกล่าวถึงพจน์ที่ k ของเบิร์นสไตน์ อันดับที่ n ที่นิยามโดย

$$b_{n,k} = \binom{n}{k} t^k (1-t)^{n-k} \tag{4}$$

เราสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของฐานของพหุนามยกกำลัง อันดับที่ n (Power Basis Order n) ได้ โดยใช้ทฤษฎีบททวินามเข้ามาช่วยในการแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์เป็นฐานของพหุนามยกกำลัง ครั้งนี้

พิจารณา พจน์ที่ $(1-t)^{n-k}$ โดยใช้ทฤษฎีบททวินาม

จะได้ว่า $(1-t)^0 = 1$ นั้นคือ $(-1)^0\binom{1}{0}$

$(1-t)^1 = 1-t$ จะเห็นว่าสัมประสิทธิ์หน้า t กำลัง 1 คือ (–1) นั้นคือ $(-1)^1\binom{1}{1}$

$(1-t)^2 = 1-2t+t^2$ จะเห็นว่าสัมประสิทธิ์หน้า t กำลัง 1 คือ (–2) นั้นคือ $(-1)^1\binom{2}{1}$

และสัมประสิทธิ์หน้า t กำลัง 2 คือ 1 นั้นคือ $(-1)^2\binom{2}{2}$

$(1-t)^3 = 1-3t+3t^2-t^3$ จะเห็นว่าสัมประสิทธิ์หน้า t กำลัง 1 คือ (–3) นั้นคือ $(-1)^1\binom{3}{1}$

สัมประสิทธิ์หน้า t กำลัง 2 คือ 3 นั้นคือ $(-1)^2\binom{3}{2}$

สัมประสิทธิ์หน้า t กำลัง 3 คือ (–1) นั้นคือ $(-1)^3\binom{3}{3}$

จากที่แสดงมาข้างต้นพบว่า $(1-t)^{n-k}$ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของผลรวมเชิงเส้นได้ดังนี้

$$(1-t)^{n-k} = \sum_{i=0}^{n-k}(-1)^i\binom{n-k}{i}t^i \tag{5}$$

ดังนั้นถ้าเราแทน สมการที่ (5) ลงในสมการที่ (4) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} b_{n,k}(t) &= \binom{n}{k}t^k\sum_{i=0}^{n-k}(-1)^i\binom{n-k}{i}t^i \\ &= \sum_{i=0}^{n-k}(-1)^i\binom{n}{k}\binom{n-k}{i}t^{i+k} \end{aligned} \tag{6}$$

จากสมการที่ (6) เราจะทำการเปลี่ยนดรรชนี โดยการมอง $i = i-k$ จะได้

$$\begin{aligned} b_{n,k}(t) &= \sum_{i-k=0}^{n-k}(-1)^{i-k}\binom{n}{k}\binom{n-k}{i-k}t^{(i-k)+k} \\ &= \sum_{i=k}^{n}(-1)^{i-k}\binom{n}{k}\binom{n-k}{i-k}t^{i} \\ &= \sum_{i=k}^{n}(-1)^{i-k}\left[\left(\frac{n!}{k!(n-k)!}\right)\times\left(\frac{(n-k)!}{(i-k)!\left[(n-k)-(i-k)\right]!}\right)\right]t^{i} \\ &= \sum_{i=k}^{n}(-1)^{i-k}\left[\left(\frac{n!}{k!(i-k)!(n-i)!}\right)\right]t^{i} \end{aligned} \tag{7}$$

นำ $1=\frac{i!}{i!}$ คูณเข้าพจน์ $\left(\frac{n!}{k!(i-k)!(n-i)!}\right)$ ของสมการที่ (7) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} b_{n,k}(t) &= \sum_{i=k}^{n}(-1)^{i-k}\left[\left(\frac{n!}{k!(i-k)!(n-i)!}\times\frac{i!}{i!}\right)\right]t^{i} \\ &= \sum_{i=k}^{n}(-1)^{i-k}\left[\left(\frac{n!}{i!(n-i)!}\times\frac{i!}{k!(i-k)!}\right)\right]t^{i} \\ &= \sum_{i=k}^{n}(-1)^{i-k}\binom{n}{i}\binom{i}{k}t^{i} \end{aligned}$$

ดังนั้น $b_{n,k}(t) = \binom{n}{k}t^{k}(1-t)^{n-k} = \sum_{i=k}^{n}(-1)^{i-k}\binom{n}{i}\binom{i}{k}t^{i}$

พิจารณาสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ n ซึ่งสร้างจากจุดควบคุม $P_0, P_1, \ldots, P_n$ ที่นิยามโดย

$$\begin{aligned} B_n(t, P_0, P_1, \ldots, P_n) &= \sum_{k=0}^{n} b_{n,k}(t)P_k \\ &= b_{n,0}(t)P_0 + b_{n,1}(t)P_1 + b_{n,2}(t)P_2 + \ldots + b_{n,n}(t)P_n \end{aligned}$$

ในรูปของผลคูณของเมทริกซ์ จะพบว่า

$$B_n(t, P_0, P_1, \ldots, P_n) = \begin{bmatrix} b_{n,0}(t) & b_{n,1}(t) & b_{n,2}(t) & \ldots & b_{n,n}(t) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix}$$

พิจารณาเมทริกซ์ของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับที่ n พบว่าแต่ละพจน์ของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับที่ n สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของผลรวมเชิงเส้นของพหุนามยกกำลังอันดับที่ n นิยามโดย

$$b_{n,k}(t) = \sum_{i=k}^{n}(-1)^{i-k}\binom{n}{i}\binom{i}{k}t^i$$

จะได้ว่า

$$\begin{bmatrix} b_{n,0}(t) \\ b_{n,1}(t) \\ b_{n,2}(t) \\ \vdots \\ b_{n,n}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{n}(-1)^{i}\binom{n}{i}\binom{i}{0}t^i \\ \sum_{i=1}^{n}(-1)^{i-1}\binom{n}{i}\binom{i}{1}t^i \\ \sum_{i=2}^{n}(-1)^{i-2}\binom{n}{i}\binom{i}{2}t^i \\ \vdots \\ \sum_{i=n}^{n}(-1)^{i-n}\binom{n}{i}\binom{i}{n}t^i \end{bmatrix} \tag{8}$$

พิจารณา

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{n}(-1)^{i}\binom{n}{i}\binom{i}{0}t^i &= (-1)^0\binom{n}{0}\binom{0}{0}t^0 + (-1)^1\binom{n}{1}\binom{1}{0}t^1 + \ldots + (-1)^n\binom{n}{n}\binom{n}{0}t^n \\ &= \begin{bmatrix} t^0 & t^1 & \cdots & t^n \end{bmatrix}\begin{bmatrix} (-1)^0\binom{n}{0}\binom{0}{0} \\ (-1)^1\binom{n}{1}\binom{1}{0} \\ \vdots \\ (-1)^n\binom{n}{n}\binom{n}{0} \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{9}$$

$$\sum_{i=1}^{n}(-1)^{i-1}\binom{n}{i}\binom{i}{1}t^{i} = (-1)^{0}\binom{n}{1}\binom{1}{1}t^{1}+(-1)^{1}\binom{n}{2}\binom{2}{1}t^{2}+\ldots+(-1)^{n-1}\binom{n}{n}\binom{n}{1}t^{n}$$

$$= \begin{bmatrix} t^{0} & t^{1} & t^{2} & \cdots & t^{n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ (-1)^{0}\binom{n}{1}\binom{1}{1} \\ (-1)^{1}\binom{n}{2}\binom{2}{1} \\ \vdots \\ (-1)^{n-1}\binom{n}{n}\binom{n}{1} \end{bmatrix} \tag{10}$$

$$\sum_{i=2}^{n}(-1)^{i-2}\binom{n}{i}\binom{i}{2}t^{i} = (-1)^{0}\binom{n}{2}\binom{2}{2}t^{2}+(-1)^{1}\binom{n}{3}\binom{3}{2}t^{3}+\ldots+(-1)^{n-2}\binom{n}{n}\binom{n}{2}t^{n}$$

$$= \begin{bmatrix} t^{0} & t^{1} & t^{2} & t^{3} & \cdots & t^{n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ (-1)^{0}\binom{n}{2}\binom{2}{2} \\ (-1)^{1}\binom{n}{3}\binom{3}{2} \\ \vdots \\ (-1)^{n-2}\binom{n}{n}\binom{n}{2} \end{bmatrix} \tag{11}$$

$$\sum_{i=n}^{n}(-1)^{i-n}\binom{n}{i}\binom{i}{n}t^{i} = (-1)^{0}\binom{n}{n}\binom{n}{n}t^{n}$$

$$= \begin{bmatrix} t^{0} & t^{1} & t^{2} & \cdots & t^{n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ (-1)^{0}\binom{n}{n}\binom{n}{n} \end{bmatrix} \tag{12}$$

ดังนั้นจากสมการที่ (8) และ (9) – (12) จะได้ว่า

$$
\begin{aligned}
&\left[b_{n,0}(t)\ \ b_{n,1}(t)\ \ b_{n,2}(t)\ \ \cdots\ \ b_{n,n}(t)\right] \\
&= \left[\sum_{i=0}^{n}(-1)^{i}\binom{n}{i}\binom{i}{0}t^{i}\ \ \sum_{i=1}^{n}(-1)^{i-1}\binom{n}{i}\binom{i}{1}t^{i}\ \ \sum_{i=2}^{n}(-1)^{i-2}\binom{n}{i}\binom{i}{2}t^{i}\ \ \cdots\ \ \sum_{i=n}^{n}(-1)^{i-n}\binom{n}{i}\binom{i}{n}t^{i}\right] \\
&= \left[\begin{array}{c}
\left[t^0\ \ t^1\ \ \cdots\ \ t^n\right]\begin{bmatrix}(-1)^0\binom{n}{0}\binom{0}{0}\\(-1)^1\binom{n}{1}\binom{1}{0}\\ \vdots \\ (-1)^n\binom{n}{n}\binom{n}{0}\end{bmatrix}\ \left[t^0\ \ t^1\ \ t^2\ \ \cdots\ \ t^n\right]\begin{bmatrix}0\\(-1)^0\binom{n}{1}\binom{1}{1}\\(-1)^1\binom{n}{2}\binom{2}{1}\\ \vdots \\ (-1)^{n-1}\binom{n}{n}\binom{n}{1}\end{bmatrix}\ \left[t^0\ \ t^1\ \ t^2\ \ t^3\ \ \cdots\ \ t^n\right]\begin{bmatrix}0\\0\\(-1)^0\binom{n}{2}\binom{2}{2}\\(-1)^1\binom{n}{3}\binom{3}{2}\\ \vdots \\ (-1)^{n-2}\binom{n}{n}\binom{n}{2}\end{bmatrix}\ \cdots\ \left[t^0\ \ t^1\ \ t^2\ \ \cdots\ \ t^n\right]\begin{bmatrix}0\\0\\ \vdots \\ (-1)^0\binom{n}{n}\binom{n}{n}\end{bmatrix}
\end{array}\right] \\
&= \left[t^0\ \ t^1\ \ \cdots\ \ t^n\right]\begin{bmatrix}(-1)^0\binom{n}{0}\binom{0}{0} & 0 & 0 & \cdots & 0\\(-1)^1\binom{n}{1}\binom{1}{0} & (-1)^0\binom{n}{1}\binom{1}{1} & 0 & \cdots & 0\\(-1)^2\binom{n}{2}\binom{2}{0} & (-1)^1\binom{n}{2}\binom{2}{1} & (-1)^0\binom{n}{2}\binom{2}{2} & \cdots & 0\\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\(-1)^n\binom{n}{n}\binom{n}{0} & (-1)^{n-1}\binom{n}{n}\binom{n}{1} & (-1)^{n-2}\binom{n}{n}\binom{n}{2} & \cdots & (-1)^0\binom{n}{n}\binom{n}{n}\end{bmatrix}
\end{aligned}
\tag{13}
$$

ดังนั้นจากสมการ (8) จะได้

$$
B_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) \;=\; \left[b_{n,0}(t)\ \ b_{n,1}(t)\ \ b_{n,2}(t)\ \ldots\ b_{n,n}(t)\right]\begin{bmatrix}P_0\\P_1\\ \vdots \\ P_n\end{bmatrix}
$$

เราจะทำการแทนสมการที่ (13) ลงในพจน์ $\left[b_{n,0}(t)\ \ b_{n,1}(t)\ \ b_{n,2}(t)\ \ldots\ b_{n,n}(t)\right]$ จะได้ว่า

$$
\begin{aligned}
&B_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) \\
&= \left[b_{n,0}(t)\ \ b_{n,1}(t)\ \ b_{n,2}(t)\ \ldots\ b_{n,n}(t)\right]\begin{bmatrix}P_0\\P_1\\ \vdots \\ P_n\end{bmatrix} \\
&= \left[t^0\ \ \ t^1\ \ \ \cdots\ \ \ t^n\right]\begin{bmatrix}(-1)^0\binom{n}{0}\binom{0}{0} & 0 & 0 & \cdots & 0\\(-1)^1\binom{n}{1}\binom{1}{0} & (-1)^0\binom{n}{1}\binom{1}{1} & 0 & \cdots & 0\\(-1)^2\binom{n}{2}\binom{2}{0} & (-1)^1\binom{n}{2}\binom{2}{1} & (-1)^0\binom{n}{2}\binom{2}{2} & \cdots & 0\\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\(-1)^n\binom{n}{n}\binom{n}{0} & (-1)^{n-1}\binom{n}{n}\binom{n}{1} & (-1)^{n-2}\binom{n}{n}\binom{n}{2} & \cdots & (-1)^0\binom{n}{n}\binom{n}{n}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}P_0\\P_1\\ \vdots \\ P_n\end{bmatrix}
\end{aligned}
\tag{14}
$$

2.4.5 อนุพันธ์อันดับ r ของเส้นโค้งเบซิเยร์

$$B^{r}{}_{n}(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \frac{n!}{(n-r)!}\sum_{i=0}^{n-r}\Delta^{r}P_i b_{n-r,i}(t) \quad (15)$$

<u>การพิสูจน์</u> ให้ $P(k)$ แทนข้อความ

$$B^{r}{}_{n}(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \frac{n!}{(n-r)!}\sum_{i=0}^{n-r}\Delta^{r}P_i b_{n-r,i}(t)$$

1) จะแสดงว่า $P(1)$ เป็นจริง

จาก

$$B_n'(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) = n\sum_{i=0}^{n-1}\Delta P_i b_{n-1,i}(t)$$

ดังนั้น $P(1)$ เป็นจริง

2) จะแสดงว่า $P(k+1)$ โดยสมมติให้ $P(k)$ เป็นจริง

กล่าวคือจะต้องแสดงว่า

$$B^{k+1}{}_{n}(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \frac{n!}{(n-(k+1))!}\sum_{i=0}^{n-(k+1)}\Delta^{k+1}P_i b_{n-(k+1),i}(t)$$

กำหนดให้ $P(k)$ เป็นจริง

$$\begin{aligned}
B^{k+1}{}_{n}(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) &= \frac{d}{dt}\left(B^{k}{}_{n}(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)\right)\\
&= \frac{d}{dt}\left(\frac{n!}{(n-k)!}\sum_{i=0}^{n-k}\Delta^{k}P_i b_{n-k,i}(t)\right)\\
&= \frac{n!}{(n-k)!}\frac{d}{dt}\left(\sum_{i=0}^{n-k}\Delta^{k}P_i b_{n-k,i}(t)\right)\\
&= \frac{n!}{(n-k)!}\begin{bmatrix}\Delta^{k}P_0\dfrac{d}{dt}b_{n-k,0}(t)+\displaystyle\sum_{i=1}^{n-k-1}\Delta^{k}P_i\frac{d}{dt}b_{n-k,i}(t)\\ +\Delta^{k}P_{n-k}\dfrac{d}{dt}b_{n-k,n-k}(t)\end{bmatrix}\\
&= \frac{n!}{(n-k)!}\begin{bmatrix}\Delta^{k}P_0\left(n-k\left(b_{n-k-1,-1}(t)-b_{n-k-1,0}(t)\right)\right)\\ +\displaystyle\sum_{i=1}^{n-k-1}\Delta^{k}P_i\left(n-k\left(b_{n-k-1,i-1}(t)-b_{n-k-1,i}(t)\right)\right)\\ +\Delta^{k}P_{n-k}\left(n-k\left(b_{n-k-1,n-k-1}(t)-b_{n-k-1,n-k}(t)\right)\right)\end{bmatrix}
\end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
B^{k+1}{}_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) &= \frac{n!}{(n-k)!}\begin{bmatrix}\Delta^k P_0\left(n-k\left(-b_{n-k-1,0}(t)\right)\right)\\ +\sum_{i=1}^{n-k-1}\Delta^k P_i\left(n-k\left(b_{n-k-1,i-1}(t)-b_{n-k-1,i}(t)\right)\right)\\ +\Delta^k P_{n-k}\left(n-k\left(b_{n-k-1,n-k-1}(t)\right)\right)\end{bmatrix}\\
&= \frac{(n-k)n!}{(n-k)!}\begin{bmatrix}\Delta^k P_0\left(-b_{n-k-1,0}(t)\right)+\sum_{i=1}^{n-k-1}\Delta^k P_i b_{n-k-1,i-1}(t)\\ -\sum_{i=1}^{n-k-1}\Delta^k P_i b_{n-k-1,i}(t)+\Delta^k P_{n-k}\left(b_{n-k-1,n-k-1}(t)\right)\end{bmatrix}\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\begin{bmatrix}\left(\Delta^k P_0\left(-b_{n-k-1,0}(t)\right)-\sum_{i=1}^{n-k-1}\Delta^k P_i b_{n-k-1,i}(t)\right)+\\ \left(\sum_{i=1}^{n-k-1}\Delta^k P_i b_{n-k-1,i-1}(t)+\Delta^k P_{n-k}\left(b_{n-k-1,n-k-1}(t)\right)\right)\end{bmatrix}\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\left[-\sum_{i=0}^{n-k-1}\Delta^k P_i b_{n-k-1,i}(t)+\sum_{i=1}^{n-k}\Delta^k P_i b_{n-k-1,i-1}(t)\right]\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\left[\sum_{i=1}^{n-k}\Delta^k P_i b_{n-k-1,i-1}(t)-\sum_{i=0}^{n-k-1}\Delta^k P_i b_{n-k-1,i}(t)\right]\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\left[\sum_{i=0}^{n-k-1}\Delta^k P_{i+1} b_{n-k-1,i}(t)-\sum_{i=0}^{n-k-1} b_{n-k-1,i}(t)\right]\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\left[\left(\Delta^k P_{i+1}-\Delta^k P_i\right)b_{n-k-1,i}(t)\right]\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\left[\sum_{i=0}^{n-k-1}\Delta^{k+1} P_i b_{n-k-1,i}(t)\right]\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\left[\sum_{i=0}^{n-k-1}\Delta^{k+1} P_i b_{n-k-1,i}(t)\right]\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\left[\sum_{i=0}^{n-(k+1)}\Delta^{k+1} P_i b_{n-(k+1),i}(t)\right]\\
&= \frac{n!}{(n-k-1)!}\left[\sum_{i=0}^{n-(k+1)}\Delta^{k+1} P_i b_{n-(k+1),i}(t)\right]
\end{aligned}
$$

ดังนั้น $P(k+1)$ เป็นจริง และจาก 1) – 2) สรุปได้

$$B^r{}_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \frac{n!}{(n-r)!}\sum_{i=0}^{n-r}\Delta^r P_i b_{n-r,i}(t)$$

โดยที่ $b_{n-r,i} = \binom{n-r}{i}(1-t)^{(n-r)-i}\,t^i$ ซึ่ง $\binom{n-r}{i} = \frac{(n-r)!}{i!\left((n-r)-i\right)!}$

และ $\Delta P_i = P_{i+1}-P_i = \left(x_{i+1}-x_i, y_{i+1}-y_i, z_{i+1}-z_i\right),\ i = 0,1,2,\ldots,n$

2.4.6 ความต่อเนื่องของเส้นโค้งเบซิเยร์

<u>บทนิยาม 1</u> กำหนดให้

$$\begin{aligned} r(t) &= B_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) \\ &= \big(x(t,P_0,P_1,\ldots,P_n),y(t,P_0,P_1,\ldots,P_n),z(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)\big) \end{aligned}$$

เป็นฟังก์ชันที่ส่งจากช่วง $[0,1]$ ไปยัง $\mathbb{R}^3$ เราจะกล่าวว่า $r(t) = B_2(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ ต่อเนื่องบนช่วง $[0,1]$ ก็ต่อเมื่อ

1. $r(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ หาค่าได้ สำหรับทุกค่า t ที่อยู่ในช่วง $[0,1]$
2. $\lim\limits_{t\to t^{*-}} r\left(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n\right)$, $\lim\limits_{t\to t^{*+}} r\left(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n\right)$ หาค่าได้ สำหรับทุกค่า t ที่อยู่ในช่วง $[0,1]$ และ
$$\lim_{t\to t^{*-}} r\left(t,P_0,P_1,\ldots,P_n\right) = \lim_{t\to t^{*+}} r\left(t,P_0,P_1,\ldots,P_n\right)$$
3. $r(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \lim\limits_{t\to t^*} r\left(t,P_0,P_1,\ldots,P_n\right)$

<u>หมายเหตุ</u> $t^* \in [0,1]$ และถ้าหากขาดคุณสมบัติข้อใดข้อหนึ่ง ก็ไม่เป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง

2.4.7 ความราบเรียบของเส้นโค้งเบซิเยร์

<u>บทนิยาม 2</u> กำหนดให้

$$\begin{aligned} r(t) &= B_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) \\ &= \big(x(t,P_0,P_1,\ldots,P_n),y(t,P_0,P_1,\ldots,P_n),z(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)\big) \end{aligned}$$

เป็นฟังก์ชันที่ส่งจากช่วง $[0,1]$ ไปยัง $\mathbb{R}^3$ เราจะกล่าวว่า $r(t) = B_2(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ เป็นเส้นโค้งราบเรียบบนช่วง $[0,1]$ ก็ต่อเมื่อ

1. $r'(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ หาค่าได้ สำหรับทุกค่า t ที่อยู่ในช่วง [0,1]
2. $\lim\limits_{t\to t^{*-}} r'\left(t^*,P_0,P_1,\ldots.P_n\right)$, $\lim\limits_{t\to t^{*+}} r'\left(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n\right)$ หาค่าได้ สำหรับทุกค่า t ที่อยู่ในช่วง $[0,1]$ และ
$$\lim_{t\to t^{*-}} r\left(t,P_0,P_1,\ldots,P_n\right) = \lim_{t\to t^{*+}} r\left(t,P_0,P_1,\ldots,P_n\right)$$
3. $r(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \lim\limits_{t\to t^*} r\left(t,P_0,P_1,\ldots,P_n\right)$
4. $r'(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) \neq \mathbf{0}$ เมื่อ $\mathbf{0} = \underbrace{(0,0,0,\ldots,0)}_{n}$

<u>หมายเหตุ</u> $t^* \in [0,1]$ และถ้าหากขาดคุณสมบัติข้อใดข้อหนึ่ง ก็จะไม่เป็นเส้นโค้งราบเรียบ

2.5 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1

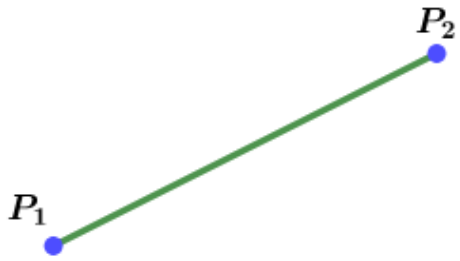
2.5.1 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1

จากสมการ (3) เราสามารถสร้างสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 ได้โดยการแทนค่า $n=1$ ในสมการที่ (3) จะได้ว่า

$$B_1(t,P_0,P_1) \;=\; \sum_{k=0}^{1} b_{1,k}(t)P_k \qquad (16)$$

โดยที่ $b_{1,k}(t) \;=\; \binom{1}{k}(1-t)^{1-k}\,t^{k}$ และ $P_k \;=\; (x_k,y_k,z_k)$ เมื่อ $k=0,1$

ดังนั้นสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 เกิดจากผลรวมเชิงเส้นระหว่างคลาสของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับที่ 1 กับจุดควบคุม P_0,P_1



ภาพที่ 2-14 ภาพแสดงเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1

2.5.2 การแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับ 1

จากสมการ (16) เราสามารถการแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับ 1 เป็นฐานของพหุนามยกกำลังได้โดย แทนค่า $n=1$ ในสมการ (14) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
B_1(t,P_0,P_1) &= \begin{bmatrix} b_{1,0}(t) & b_{1,1}(t)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}P_0\\P_1\end{bmatrix}\\
&= \begin{bmatrix} t^0 & t^1\end{bmatrix}\begin{bmatrix} (-1)^0\binom{1}{0}\binom{0}{0} & 0\\ (-1)^1\binom{1}{1}\binom{1}{0} & (-1)^0\binom{1}{1}\binom{1}{1}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}P_0\\P_1\end{bmatrix}\\
&= \begin{bmatrix} t^0 & t^1\end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & 0\\ -1 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}P_0\\P_1\end{bmatrix}\\
&= (1-t)P_0 + tP_1\\
&= P_0 - P_0t + tP_1\\
&= (P_1-P_0)t + P_0\\
&= \Delta P_0 t + P_0 \qquad ;\Delta P_0 = P_1 - P_0
\end{aligned} \qquad (17)$$

2.5.3 อนุพันธ์อันดับ 1 ของเส้นโค้งเบซิเยร์

จากสมการ (*16*) เราสามารถหาอนุพันธ์อันดับ 1 ของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 ได้จากการแทน $r=1$ และ $n=1$ ในสมการ (15) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} B_1'(t,P_0,P_1) &= \frac{1!}{(1-1)!}\sum_{i=0}^{1-1}\Delta P_i b_{1-1,i}(t) \\ &= \Delta P_0 b_{0,0}(t) \\ &= \Delta P_0\binom{0}{0}(1-t)^0 t^0 \\ &= \Delta P_0 \end{aligned} \qquad (18)$$

2.5.4 อนุพันธ์อันดับ 2 ของเส้นโค้งเบซิเยร์

จากสมการ (*16*) เราสามารถหาอนุพันธ์อันดับ 2 ของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 ได้จากการแทน $r=2$ และ $n=1$ในสมการ (15) จะได้ว่า

$$B_1''(t,P_0,P_1) = 0 \qquad (19)$$

2.6 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2

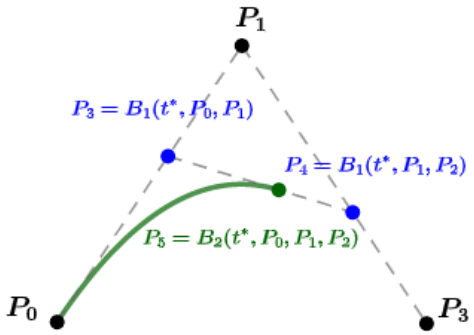
2.6.1 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2

จากสมการ (3) เราสามารถสร้างสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 ได้โดยการแทนค่า $n=2$ ในสมการที่ (3) จะได้ว่า

$$B_2(t,P_0,P_1,P_2) = \sum_{k=0}^{2} b_{2,k}(t)P_k \qquad (20)$$

โดยที่ $b_{2,k}(t) = \binom{2}{k}(1-t)^{2-k}t^k$ และ $P_k = (x_k,y_k,z_k)$ เมื่อ $k=0,1,2$

ดังนั้นสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 เกิดจากผลรวมเชิงเส้นระหว่างคลาสของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับที่ 2 กับจุดควบคุม P_0,P_1,P_2



ภาพที่ 2-15 ภาพแสดงเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2

2.6.2 การแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับ 2

จากสมการ (20) เราสามารถการแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ อันดับ 2 เป็นฐานของพหุนามยกกำลังได้โดย แทนค่า $n=2$ ในสมการ (14) จะได้ว่า

$$
\begin{aligned}
B_2(t,P_0,P_1,P_2) &= \begin{bmatrix} b_{2,0}(t) & b_{2,1}(t) & b_{2,2}(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} t^0 & t^1 & t^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (-1)^0\binom{2}{0}\binom{0}{0} & 0 & 0 \\ (-1)^1\binom{2}{1}\binom{1}{0} & (-1)^0\binom{2}{1}\binom{1}{1} & 0 \\ (-1)^2\binom{2}{2}\binom{2}{0} & (-1)^1\binom{2}{2}\binom{2}{1} & (-1)^0\binom{2}{2}\binom{2}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} t^0 & t^1 & t^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -2 & 2 & 0 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \end{bmatrix} \\
&= (1-t)^2 P_0 + 2t(1-t)P_1 + t^2 P_2 \\
&= \left(1-2t+t^2\right)P_0 + (2t-2t^2)P_1 + t^2 P_2 \\
&= (P_2 - 2P_1 + P_0)t^2 + 2(P_1 - P_0)t + P_0 \\
&= \Delta^2 P_0 t^2 + 2\Delta P_0 t + P_0 \qquad ;\Delta P_0 = P_1 - P_0
\end{aligned}
\tag{21}
$$

2.6.3 อนุพันธ์อันดับ 1 ของเส้นโค้งเบซิเยร์

จากสมการ (20) เราสามารถหาอนุพันธ์อันดับ 1 ของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 ได้จากการแทน $r=1$ และ $n=2$ ในสมการ (15) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} B_2'(t,P_0,P_1,P_2) &= \frac{2!}{(2-1)!}\sum_{i=0}^{2-1}\Delta P_i b_{2-1,i}(t) \\ &= 2\sum_{i=0}^{1}\Delta P_i b_{1,i}(t) \end{aligned} \tag{22}$$

โดยที่ $b_{1,i}(t) = \binom{1}{i}(1-t)^{1-i}t^i$ ซึ่ง $\binom{1}{i} = \frac{1!}{i!(1-i)!}$ และ $\Delta P_i = P_{i+1}-P_i \ \ ,i=0,1,2$

และจากสมการ (22) เราสามารถแปลงฐานของพหุนามเบิร์นสไตน์ เป็นฐานของพหุนามยกกำลังได้ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} B_2'(t,P_0,P_1,P_2) &= 2\begin{bmatrix} b_{1,0}(t) & b_{1,1}(t)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta P_0 \\ \Delta P_1\end{bmatrix} \\ &= 2\begin{bmatrix} t^0 & t^1\end{bmatrix}\begin{bmatrix} (-1)^0\binom{1}{0}\binom{0}{0} & 0 \\ (-1)^1\binom{1}{1}\binom{1}{0} & (-1)^0\binom{1}{1}\binom{1}{1}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta P_0 \\ \Delta P_1\end{bmatrix} \\ &= 2\begin{bmatrix} t^0 & t^1\end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta P_0 \\ \Delta P_1\end{bmatrix} \\ &= 2\left[(1-t)\Delta P_0 + \Delta P_1 t\right] \\ &= 2\left[(1-t)(P_1-P_0)+(P_2-P_1)t\right] \\ &= 2\left[(P_2-2P_1+P_0)t+P_1-P\right] \\ &= 2\left[\Delta^2 P_0 t+\Delta P_0\right] \\ &= 2\Delta^2 P_0 t+2\Delta P_0 \end{aligned} \tag{23}$$

2.6.4 อนุพันธ์อันดับ 2 ของเส้นโค้งเบซิเยร์

จากสมการ (20) เราสามารถหาอนุพันธ์อันดับ 2 ของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2 ได้จากการแทน $r=2$ และ $n=2$ ในสมการ (15) จะได้ว่า

$$
\begin{aligned}
B_2''(t,P_0,P_1,P_2) &= \frac{2!}{(2-2)!}\sum_{i=0}^{2-2}\Delta^2 P_i b_{2-2,i}(t) \\
&= 2\sum_{i=0}^{0}\Delta^2 P_i b_{0,i}(t) \\
&= 2\Delta^2 P_0 b_{0,0}(t) \\
&= 2\Delta^2 P_0 \binom{0}{0}(1-t)^0 t^0 \\
&= 2\Delta^2 P_0
\end{aligned} \tag{24}
$$

2.6.5 ความต่อเนื่องของเส้นโค้งเบซิเยร์

จากบทนิยามที่ 1 ทำให้ได้ทราบว่าเมื่อ กำหนดให้

$$
\begin{aligned}
r(t) &= B_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) \\
&= \big(x(t,P_0,P_1,\ldots,P_n), y(t,P_0,P_1,\ldots,P_n), z(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)\big)
\end{aligned}
$$

เป็นฟังก์ชันที่ส่งจากช่วง $[0,1]$ ไปยัง $\mathbb{R}^3$ เราจะกล่าวว่า $r(t) = B_2(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ ต่อเนื่องบนช่วง $[0,1]$ ก็ต่อเมื่อ

1. $r(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ หาค่าได้ สำหรับทุกค่า t ที่อยู่ในช่วง $[0,1]$
2. $\lim\limits_{t\to t^{*-}} r(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n)$, $\lim\limits_{t\to t^{*+}} r(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ หาค่าได้ สำหรับทุกค่า t ที่อยู่ในช่วง $[0,1]$ และ
$$\lim_{t\to t^{*-}} r(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \lim_{t\to t^{*+}} r(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$$
3. $r(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \lim\limits_{t\to t^*} r(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$

<u>หมายเหตุ</u> $t^* \in [0,1]$ และถ้าหากขาดคุณสมบัติข้อใดข้อหนึ่ง ก็ไม่เป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง

2.6.6 ความราบเรียบของเส้นโค้งเบซิเยร์

จากบทนิยามที่ 2 ทำให้ได้ทราบว่าเมื่อ กำหนดให้

$$
\begin{aligned}
r(t) &= B_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) \\
&= \big(x(t,P_0,P_1,\ldots,P_n), y(t,P_0,P_1,\ldots,P_n), z(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)\big)
\end{aligned}
$$

เป็นฟังก์ชันที่ส่งจากช่วง $[0,1]$ ไปยัง $\mathbb{R}^3$ เราจะกล่าวว่า $r(t) = B_2(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ เป็นเส้นโค้งราบเรียบบนช่วง $[0,1]$ ก็ต่อเมื่อ

1. $r'(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ หาค่าได้ สำหรับทุกค่า t ที่อยู่ในช่วง [0,1]
2. $\lim\limits_{t\to t^{*-}} r'(t^*,P_0,P_1,\ldots.P_n)$, $\lim\limits_{t\to t^{*+}} r'(t^*,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ หาค่าได้ สำหรับทุกค่า t ที่อยู่ในช่วง $[0,1]$ และ
$$\lim_{t\to t^{*-}} r(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) = \lim_{t\to t^{*+}} r(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$$

3. $r(t^*, P_0, P_1, \ldots, P_n) = \lim_{t \to t^*} r(t, P_0, P_1, \ldots, P_n)$
4. $r'(t, P_0, P_1, \ldots, P_n) \neq \mathbf{0}$ เมื่อ $\mathbf{0} = \underbrace{(0,0,0,\ldots,0)}_{n}$

<u>หมายเหตุ</u> $t^* \in [0,1]$ และถ้าหากขาดคุณสมบัติข้อใดข้อหนึ่ง ก็จะไม่เป็นเส้นโค้งราบเรียบ

2.6.7 การคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2

เส้นโค้งเบซิเยร์แต่ละเส้นนั้นมีลักษณะที่ขึ้นอยู่กับจุดควบคุม ดังนั้นเส้นโค้งเบซิเยร์ใด ๆ จึงมีความเป็นอิสระต่อกัน หากเราต้องการให้เบซิเยร์สองเส้นเข้าร่วมหรือต่อกันให้เกิดความต่อเนื่อง เราจะต้องวางตำแหน่งจุดควบคุมของเส้นโค้งที่สองอย่างชัดเจนเพื่อให้จุดควบคุมในเส้นโค้งแรกมีความสัมพันธ์ที่เหมาะสมกับจุดควบคุมในอีกเส้นโค้งหนึ่ง เราเรียกการกระทำดังกล่าวว่า การคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์ ซึ่งในการคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์แบ่งเป็นการคอมโพสิตแบบ C และแบบ G เราจึงได้ศึกษาหัวข้อที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

2.6.7.1 เงื่อนไขการคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์แบบ C_0 และ G_0

กำหนดให้

$$C_1(t) = B_n(t, P_0, P_1, \ldots, P_n)$$

และ

$$C_2(t) = B_m(t, Q_0, Q_1, \ldots, Q_m)$$

การคอมโพสิตของเส้นโค้งเบซิเยร์แบบ C_0 และ G_0 มีเงื่อนไขการต่อเนื่องกันแบบ C_0 และ G_0 (C_0 and G_0 Continuity) คือ จุดปลายของเส้นแรกต้องเป็นจุดเดียวกันกับจุดแรกของเส้นที่สอง ดังนี้

$$\begin{aligned} C_1(0) &= C_2(1) \\ B_n(0, P_0, P_1, \ldots, P_n) &= B_m(1, Q_0, Q_1, \ldots, Q_m) \\ P_n &= Q_0 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง เงื่อนไขการคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับสองแบบ C_0 และ G_0 สองเส้น จาก

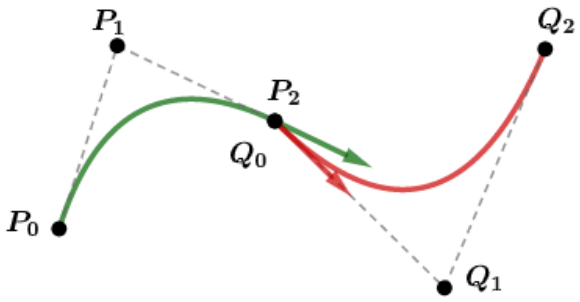
$$B_2(t, P_0, P_1, P_2) = P_0 + 2t\,\Delta P_0 + t^2\,\Delta^2 P$$

และ

$$B_2(t, Q_0, Q_1, Q_2) = Q_0 + 2t\,\Delta Q_0 + t^2\,\Delta^2 Q$$

จะได้ว่า

$$
\begin{aligned}
B_2(1,P_0,P_1,P_2) &= B_2(0,Q_0,Q_1,Q_2)\\
P_0+2\Delta P_0+\Delta^2 P_0 &= Q_0\\
P_0+2P_1-2P_0+P_2-2P_1+P_0 &= Q_0\\
P_2 &= Q_0
\end{aligned}
$$



ภาพที่ 2-16 ภาพแสดงความต่อเนื่องแบบ C_0, G_0

2.6.7.2 เงื่อนไขการคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์แบบ C_1 และ G_1

กำหนดให้

$$C_1(t) = B_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$$

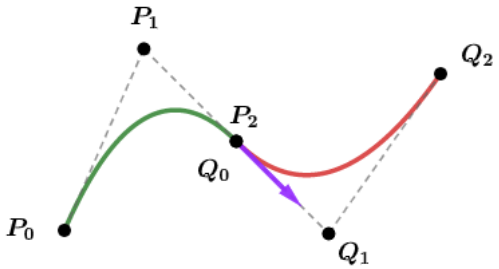
และ

$$C_2(t) = B_m(t,Q_0,Q_1,\ldots,Q_m)$$

ในทำนองเดียวกันการคอมโพสิตของเส้นโค้งเบซิเยร์แบบ C_1 หรือ G_1 ต้องมีการต่อแบบ C_0 หรือ G_0 และเงื่อนไขการต่อเนื่องกันแบบ C_1 และ G_1 (C_1 and G_1 Continuity) คือ

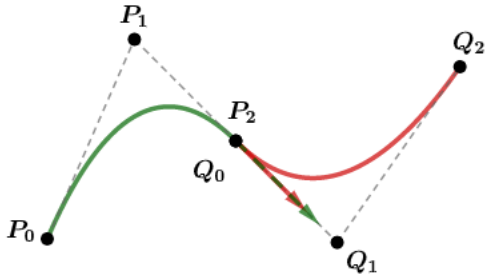
$$
\begin{aligned}
C_1'(0) &= C_2'(1)\\
B_n'(0,P_0,P_1,\ldots,P_n) &= B_m'(1,Q_0,Q_1,\ldots,Q_m)\\
P_n-P_{n-1} &= Q_1-Q_0
\end{aligned}
$$

กรณีที่ 1 ถ้า $C_1'(1)$ มีขนาดและทิศทางเดียวกันกับ $C_2'(0)$ เราเรียกว่าการคอมโพสิตแบบ C_1 หรืออาจเขียนได้ว่า $C_1'(1)=C_2'(0)$ แสดงให้เห็นดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 ภาพแสดงการต่อเนื่องแบบ C_1 (C_1-Continuity)

กรณีที่ 2 ถ้า $C_1'(1)$ มีทิศทางเดียวกันแต่มีขนาดไม่เท่ากับ $C_2'(0)$ เราเรียกว่าการคอมโพสิตแบบ G_1 แสดงให้เห็นดังภาพที่ 2-18



ภาพที่ 2-18 ภาพแสดงการต่อเนื่องแบบ G_1 (G_1-Continuity)

ตัวอย่าง เงื่อนไขการคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับสองแบบ C_1 สองเส้น

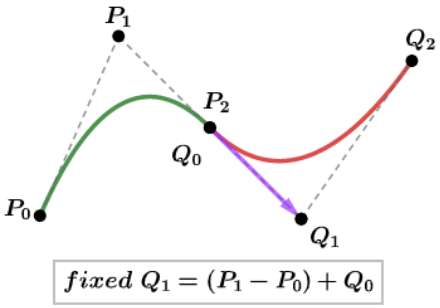
จาก $B_2'(t,P_0,P_1,P_2) = 2\Delta P_0 + 2t\Delta^2 P_0$

และ $B_2'(t,Q_0,Q_1,Q_2) = 2\Delta Q_0 + 2t\Delta^2 Q_0$

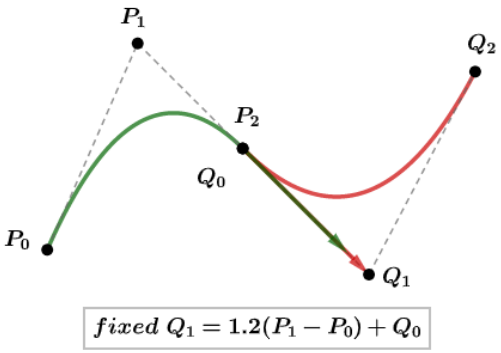
จะได้ว่า

$$\begin{aligned} B_2'(1,P_0,P_1,P_2) &= B_2'(0,Q_0,Q_1,Q_2) \\ 2\Delta P_0 + 2\Delta^2 P_0 &= 2\Delta Q_0 \\ P_2 - P_1 &= Q_1 - Q_0 \end{aligned}$$

นั่นคือเวกเตอร์ P_2-P_1 มีทิศทางเดียวกับ Q_2-Q_1 และ $\|P_2-P_1\|=\|Q_1-Q_0\|$ ดังแสดงในภาพที่ 2-19 ความต่อเนื่องแบบและราบเรียบแบบ C_1



ภาพที่ 2-19 ภาพแสดงความต่อเนื่องแบบและราบเรียบแบบ C_1



ภาพที่ 2-20 ภาพแสดงความต่อเนื่องแบบและราบเรียบแบบ G_1

2.7 สูตรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุ และทฤษฎีของกรีน

2.7.1 เส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุ

คือเส้นโค้งปิดที่ใช้เตรียมการตัดเสื้อผ้าโดยใช้เนื้อผ้าน้อยที่สุด ในการสร้างเส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุ สามารถพิจารณาจาก จุดเอกพจน์ (Singular point), จุดปลายแหลม (Cusp Point), จุดมุม (Corner Point), จุดเปลี่ยนเว้า (Inflection Point), จุดเปลี่ยน (Turning Point) และเส้นโค้งออฟเซ็ต (Offset Curves) โดยกำหนดให้

$$C(t) = C_1(t) \cup C_2(t) \text{ เมื่อ } t \in [0,1]$$

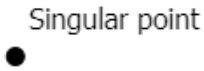
โดยที่

$$C_1(t) = B_2(t, P_0, P_1, P_2)$$

และ

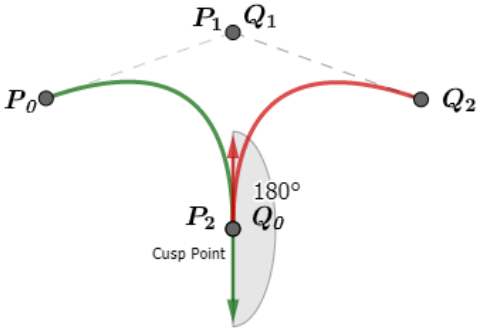
$$C_2(t) = B_2(t, Q_0, Q_1, Q_2)$$

จุดเอกพจน์ คือ จุดที่อนุพันธ์หาค่าได้และเท่ากับ 0 นั่นคือเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยมีขนาดเท่ากับ 0 แต่ไม่มีทิศทาง (จุดที่ไม่สามารถหาเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยได้)



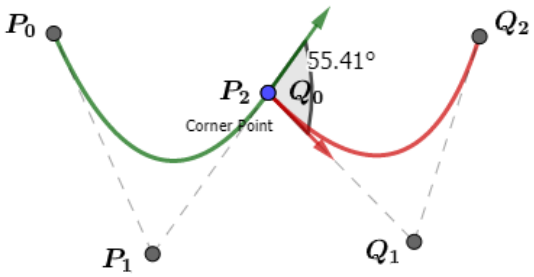
ภาพที่ 2-21 ภาพแสดงจุดเอกพจน์

จุดปลายแหลม คือ เมื่อนำเส้นเชื่อมมาต่อกัน ($C_1(t) \cup C_2(t)$) แล้วอนุพันธ์ของ $C_1(t)$ ณ จุด P_2 และอนุพันธ์ของ $C_2(t)$ ณ จุด Q_0 หาค่าไม่ได้ และสามารถหาเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยได้ ซึ่งทิศทางของเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยตรงข้ามกัน หรือมุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยเท่ากับ π



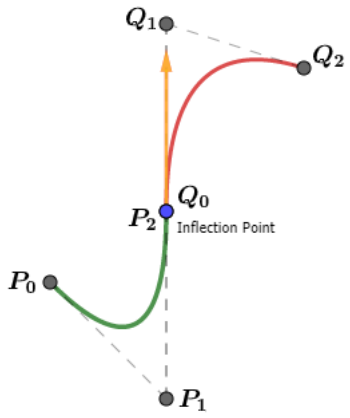
ภาพที่ 2-22 ภาพแสดงจุดปลายแหลม

จุดมุม คือ เมื่อนำเส้นเชื่อมมาต่อกัน ($C_1(t) \cup C_2(t)$) แล้วอนุพันธ์ของ $C_1(t)$ ณ จุด P_2 และอนุพันธ์ของ $C_2(t)$ ณ จุด Q_0 หาค่าไม่ได้ และสามารถหาเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยได้ ซึ่งมุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยอยู่ในช่วง $(0,\pi)$



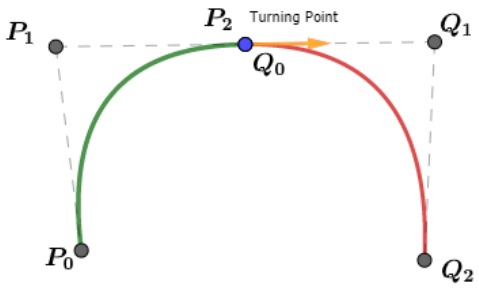
ภาพที่ 2-23 ภาพแสดงจุดมุม

จุดเปลี่ยนเว้า คือ เมื่อนำเส้นเชื่อมมาต่อกัน ($C_1(t) \cup C_2(t)$) แล้วอนุพันธ์ของ $C_1(t)$ ณ จุด P_2 และอนุพันธ์ของ $C_2(t)$ ณ จุด Q_0 หาค่าได้และไม่เท่ากับ 0 และสามารถหาเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยได้ ซึ่งมุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยเท่ากับ 0 และขนานแกน x และแกน y



ภาพที่ 2-24 ภาพแสดงจุดเปลี่ยนเว้า

จุดเปลี่ยน คือ เมื่อนำเส้นเชื่อมมาต่อกัน ($C_1(t) \cup C_2(t)$) แล้วอนุพันธ์ของ $C_1(t)$ ณ จุด P_2 และอนุพันธ์ของ $C_2(t)$ ณ จุด Q_0 หาค่าได้และเท่ากับ 0 และสามารถหาเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยได้ซึ่งมุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยเท่ากับ 0 และขนานแกน x และแกน y



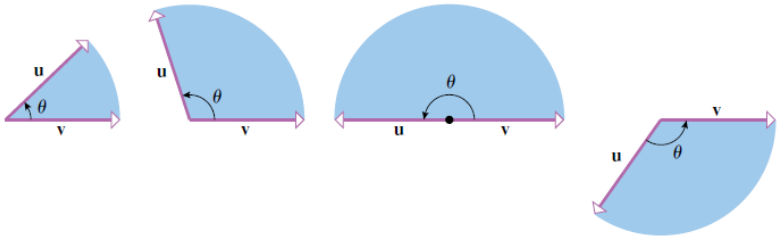
ภาพที่ 2-25 ภาพแสดงจุดเปลี่ยน

มุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วย

ทฤษฎีบท 1

ให้ u และ v เป็นเวกเตอร์ที่ไม่ใช่เวกเตอร์ศูนย์ใน 2 มิติ และ 3 มิติ และถ้า θ คือมุมระหว่างเวกเตอร์ทั้งสองที่เล็กที่สุด แล้ว

$$\cos(\theta) = \frac{u \cdot v}{\|u\|\|v\|} \quad \text{เมื่อ } 0 \le \theta \le \pi \tag{25}$$



ภาพที่ 2-26 ภาพแสดงมุมระหว่างเวกเตอร์

กรณีที่ 1

ให้

$$\begin{aligned} C_1(t) &= B_1(t, P_{0,1}, P_{1,1}) \\ &= \Delta P_{0,1} t + P_{0,1} \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned} C_2(t) &= B_1(t, P_{0,2}, P_{1,2}) \\ &= \Delta P_{0,2} t + P_{0,2} \end{aligned}$$

โดยที่ $P_{0,1} = (x_{0,1}, y_{0,1})$ และ $P_{0,2} = (x_{0,2}, y_{0,2})$

จะได้

$$\begin{aligned} C_1'(t) &= \Delta P_{0,1} \\ &= (\Delta x_{0,1}, \Delta y_{0,1}) \\ \| C_1'(t) \| &= \sqrt{(\Delta x_{0,1})^2 + (\Delta y_{0,1})^2} \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned} C_2'(t) &= \Delta P_{0,2} \\ &= (\Delta x_{0,2}, \Delta y_{0,2}) \\ \| C_2'(t) \| &= \sqrt{(\Delta x_{0,2})^2 + (\Delta y_{0,2})^2} \end{aligned}$$

จากสมการ (25) จะได้มุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยดังนี้

$$\begin{aligned}\cos(\theta) &= \frac{C_1'(t)\cdot C_2'(t)}{\|C_1'(t)\|\|C_2'(t)\|} \\ &= \frac{\left(\Delta x_{0,1},\Delta y_{0,1}\right)\cdot\left(\Delta x_{0,2},\Delta y_{0,2}\right)}{\sqrt{(\Delta x_{0,1})^2+(\Delta y_{0,1})^2}\sqrt{(\Delta x_{0,2})^2+(\Delta y_{0,2})^2}} \\ &= \frac{\left(\Delta x_{0,1}\right)\left(\Delta x_{0,2}\right)+\left(\Delta y_{0,1}\right)\left(\Delta y_{0,2}\right)}{\sqrt{(\Delta x_{0,1})^2+(\Delta y_{0,1})^2}\sqrt{(\Delta x_{0,2})^2+(\Delta y_{0,2})^2}}\end{aligned} \quad (26)$$

กรณีที่ 2

ให้

$$\begin{aligned}C_1(t) &= B_2(t,P_{0,1},P_{1,1},P_{2,1}) \\ &= \Delta^2 P_{0,1}t^2+2\Delta P_{0,1}t+P_{0,1}\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}C_2(t) &= B_2(t,P_{0,2},P_{1,2},P_{2,2}) \\ &= \Delta^2 P_{0,2}t^2+2\Delta P_{0,2}t+P_{0,2}\end{aligned}$$

โดยที่ $P_{0,1} = \left(x_{0,1},y_{0,1}\right)$ และ $P_{0,2} = \left(x_{0,2},y_{0,2}\right)$

จะได้

$$\begin{aligned}C_1'(t) &= 2\Delta^2 P_{0,1}t+2\Delta P_{0,1} \\ &= \left(2\Delta^2 x_{0,1}t+2\Delta x_{0,1},2\Delta^2 y_{0,1}t+2\Delta y_{0,1}\right) \\ \|C_1'(t)\| &= \sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t+2\Delta x_{0,1}\right)^2+\left(2\Delta^2 y_{0,1}t+2\Delta y_{0,1}\right)^2}\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}C_2'(t) &= 2\Delta^2 P_{0,2}t+2\Delta P_{0,2} \\ &= \left(2\Delta^2 x_{0,2}t+2\Delta x_{0,2},2\Delta^2 y_{0,2}t+2\Delta y_{0,2}\right) \\ \|C_2'(t)\| &= \sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,2}t+2\Delta x_{0,2}\right)^2+\left(2\Delta^2 y_{0,2}t+2\Delta y_{0,2}\right)^2}\end{aligned}$$

จากสมการ (25) จะได้มุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยดังนี้

$$
\begin{aligned}
\cos(\theta) &= \frac{C_1'(t)\cdot C_2'(t)}{\|C_1'(t)\|\|C_2'(t)\|} \\
&= \frac{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}, 2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)\cdot\left(2\Delta^2 x_{0,2}t + 2\Delta x_{0,2}, 2\Delta^2 y_{0,2}t + 2\Delta y_{0,2}\right)}{\sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}\right)^2 + \left(2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)^2}\sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,2}t + 2\Delta x_{0,2}\right)^2 + \left(2\Delta^2 y_{0,2}t + 2\Delta y_{0,2}\right)^2}} \\
&= \frac{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}\right)\left(2\Delta^2 x_{0,2}t + 2\Delta x_{0,2}\right) + \left(2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)\left(2\Delta^2 y_{0,2}t + 2\Delta y_{0,2}\right)}{\sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}\right)^2 + \left(2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)^2}\sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,2}t + 2\Delta x_{0,2}\right)^2 + \left(2\Delta^2 y_{0,2}t + 2\Delta y_{0,2}\right)^2}}
\end{aligned}
\tag{27}
$$

กรณีที่ 3

ให้

$$
\begin{aligned}
C_1(t) &= B_2(t, P_{0,1}, P_{1,1}, P_{2,1}) \\
&= \Delta^2 P_{0,1}t^2 + 2\Delta P_{0,1}t + P_{0,1}
\end{aligned}
$$

และ

$$
\begin{aligned}
C_2(t) &= B_1(t, P_{0,2}, P_{1,2}) \\
&= \Delta P_{0,2}t + P_{0,2}
\end{aligned}
$$

โดยที่ $P_{0,1} = \left(x_{0,1}, y_{0,1}\right)$ และ $P_{0,2} = \left(x_{0,2}, y_{0,2}\right)$

จะได้

$$
\begin{aligned}
C_1'(t) &= 2\Delta^2 P_{0,1}t + 2\Delta P_{0,1} \\
&= \left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}, 2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right) \\
\| C_1'(t) \| &= \sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}\right)^2 + \left(2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)^2}
\end{aligned}
$$

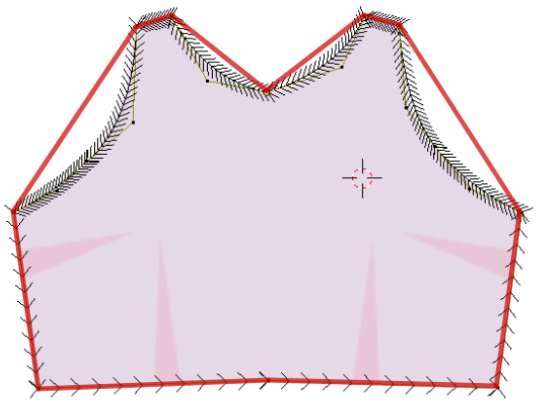
และ

$$
\begin{aligned}
C_2'(t) &= \Delta P_{0,2} \\
&= \left(\Delta x_{0,2}, \Delta y_{0,2}\right) \\
\| C_2'(t) \| &= \sqrt{(\Delta x_{0,2})^2 + (\Delta y_{0,2})^2}
\end{aligned}
$$

จากสมการ (25) จะได้มุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยดังนี้

$$\begin{aligned}\cos(\theta) &= \frac{C_1'(t)\cdot C_2'(t)}{\|C_1'(t)\|\|C_2'(t)\|} \\ &= \frac{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}, 2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)\cdot\left(\Delta x_{0,2}, \Delta y_{0,2}\right)}{\sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}\right)^2 + \left(2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)^2}\sqrt{(\Delta x_{0,2})^2 + (\Delta y_{0,2})^2}} \\ &= \frac{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}\right)\left(\Delta x_{0,2}\right) + \left(2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)\left(\Delta y_{0,2}\right)}{\sqrt{\left(2\Delta^2 x_{0,1}t + 2\Delta x_{0,1}\right)^2 + \left(2\Delta^2 y_{0,1}t + 2\Delta y_{0,1}\right)^2}\sqrt{(\Delta x_{0,2})^2 + (\Delta y_{0,2})^2}}\end{aligned} \quad (28)$$

ในการสร้างเส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุ ที่พิจารณาจากจุดเอกพจน์, จุดปลายแหลม, จุดมุม, จุดเปลี่ยนเว้า และจุดเปลี่ยน สามารถสร้างได้จากการลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างมุมที่เกิดจากการนำเส้นโค้ง 2 เส้นมาต่อกันทุกมุม



ภาพที่ 2–27 ภาพแสดงเส้นโค้งในการปิดล้อมวัตถุที่พิจารณาจาก จุดเอกพจน์, จุดปลายแหลม, จุดมุม, จุดเปลี่ยนเว้า และจุดเปลี่ยน

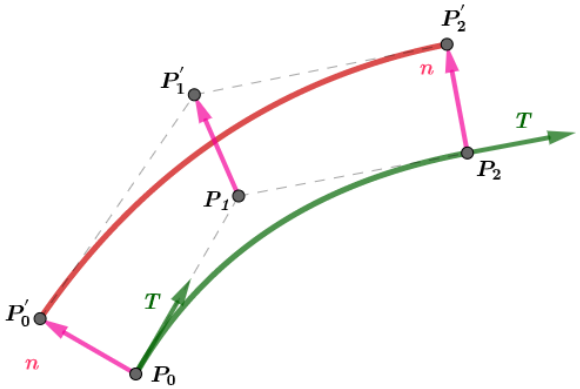
บทนิยาม 3 เส้นโค้งออฟเซ็ตของเส้นโค้งเบซิเยร์ (Offset curve of Bezier Curve)

$$O(t,P_0,P_1,\ldots,P_n) \quad = \quad B_n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)+n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)\,d \qquad (29)$$

เมื่อ $O(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ คือ Offset curve of Bezier Curve

$n(t,P_0,P_1,\ldots,P_n)$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วย

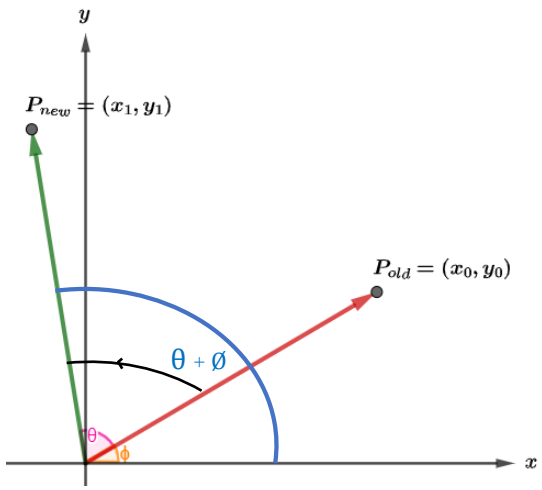
d คือ ระยะห่างที่น้อยที่สุดของ Offset curve



ภาพที่ 2-28 ภาพแสดงเส้นโค้งออฟเซ็ตของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2

เมทริกซ์การหมุนในปริภูมิสองมิติ (Rotation matrix)

ให้ $P_{\text{old}}=(x_0,y_0)$ แทนพิกัดเริ่มต้นที่ทำมุมกับแกน X เป็นมุม ϕ และ $P_{\text{new}}=(x_1,y_1)$ เป็นพิกัดใหม่ที่เกิดจากการหมุนพิกัด $P_{\text{old}}=(x_0,y_0)$ เป็นมุม θ โดยมีทิศการหมุนทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งจะพิจารณาหาเมทริกซ์การหมุนในสองมิติรอบจุดกำเนิด



ภาพที่ 2-29 ภาพแสดงการหมุนของพิกัดจุด 2 มิติรอบจุดกำเนิด

เราจะได้ว่า

$$\begin{aligned} x_1 &= r\cos(\phi+\theta) = r\cos(\phi)\cos(\theta) - r\sin(\phi)\sin(\theta) \\ y_1 &= r\sin(\phi+\theta) = r\cos(\phi)\sin(\theta) + r\sin(\phi)\cos(\theta) \end{aligned}$$

แต่เราทราบว่า $x_0 = r\cos(\phi)$, $y_0 = r\sin(\phi)$

ทำให้ได้ว่า

$$\begin{aligned} x_1 &= x_0\cos(\theta) - y_0\sin(\theta) \\ y_1 &= x_0\sin(\theta) + y_0\cos(\theta) \end{aligned}$$

จะได้ว่าพิกัดใหม่ $P_{new} = (x_1, y_1)$ เราสามารถเขียนใหม่ได้ว่า

$$P_{new} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \qquad (30)$$

เรียกเมทริกซ์ $\begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix}$ ว่าเมทริกซ์การหมุนในสองมิติรอบจุดกำเนิด

เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (Unit vector)

$n(t)$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่เกิดจากการหมุนเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วย $T(t)$ ใน ทิศทางทวนเข็มนาฬิกาด้วยมุม $\frac{\pi}{2}$

จากสมการ (30) แทน $\theta = \frac{\pi}{2}$ จะได้เวกเตอร์หนึ่งหน่วยดังนี้

$$\begin{aligned} n(t) &= \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) & -\sin\left(\frac{\pi}{2}\right) \\ \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) & \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} -y_0 \\ x_0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

โดยที่ $\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}$ คือพิกัดของเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วย ($T(t)$)

ดังนั้นเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่เกิดจากการหมุนเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยคือ

$$n(t) = (-y_0, x_0) \tag{31}$$

จากสมการ (29) แทน $n(t)$ ด้วยสมการ (31) จะได้เส้นโค้งออฟเซ็ตของเส้นโค้งเบซิเยร์ดังนี้

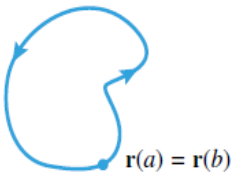
$$O(t, P_0, P_1, \ldots P_n) = B_n(t, P_0, P_1, \ldots P_n) + d(-y_0, x_0) \tag{32}$$

2.7.2 ทฤษฎีของกรีน (Green's Theorem)

บทนิยาม 4

1. เส้นโค้งปิด (Closed curve)

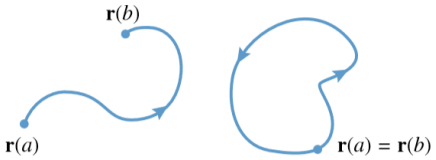
สมการอิงตัวแปรเสริมที่แสดงโดยเวกเตอร์ $r(t)$ สำหรับ $a \le t \le b$ จะเรียกว่าเส้นโค้งปิด ถ้าจุดเริ่มต้น $r(a)$ และจุดปลาย $r(b)$ เหมือนกัน นั่นคือ $r(a) = r(b)$



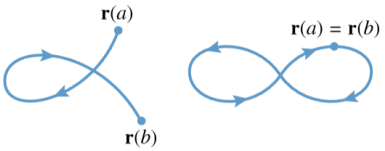
ภาพที่ 2-30 ภาพแสดงเส้นโค้งปิด

2. เส้นโค้งอย่างง่าย (Simple curve)

คือเส้นโค้งที่ไม่ตัดกัน



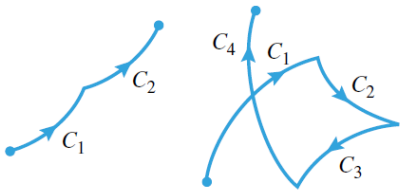
ภาพที่ 2-31 ภาพแสดงเส้นโค้งอย่างง่าย



ภาพที่ 2-32 ภาพแสดงที่ไม่ใช่เส้นโค้งอย่างง่าย

3. เส้นโค้งราบเรียบเป็นส่วน ๆ (Piecewise smooth curve)

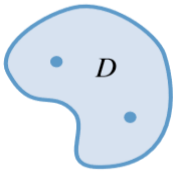
คือเส้นโค้งที่เกิดจากเส้นโค้งราบเรียบหลายเส้น $(C_1, C_2, ..., C_n)$ เชื่อมกันตั้งแต่เส้นแรกจนเส้นสุดท้าย



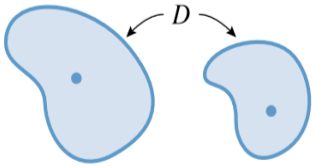
ภาพที่ 2-33 ภาพแสดงเส้นโค้งราบเรียบเป็นส่วน ๆ

4. โดเมนที่ต่อเนื่อง (Connected domain)

คือจุด 2 จุดใด ๆ ใน D สามารถเชื่อมโดยเส้นโค้งราบเรียบเป็นส่วน ๆ ที่ทั้งหมดอยู่ใน D หรือ D เป็นโดเมนที่ต่อต่อเนื่อง ถ้าไม่ประกอบด้วย 2 ส่วน หรือมากกว่า 2 ส่วน



ภาพที่ 2-34 ภาพแสดงโดเมนที่ต่อเนื่อง



ภาพที่ 2-35 ภาพแสดงโดเมนที่ไม่ต่อเนื่อง

5. โดเมนที่ต่อเนื่องอย่างง่าย (Simply Connected domain)

จะเรียก เซต D ที่ต่อเนื่องใน 2 มิติ ว่าโดเมนที่ต่อเนื่องอย่างง่าย ถ้าเส้นโค้งปิดอย่างง่าย ใน D แล้วจุดล้อมรอบไม่อยู่ใน D หรือจะเรียกว่า โดเมนที่ต่อเนื่องอย่างง่ายถ้าไม่มีหลุม

ภาพที่ 2-36 ภาพแสดงโดเมนที่ต่อเนื่องอย่างง่าย

หรือเรียกว่า โดเมนที่ต่อเนื่องทวีคูณ (Multiply Connected domain) ถ้าเส้นโค้งปิดอย่างง่าย ใน D แล้วจุดล้อมรอบอยู่ใน D หรือจะเรียกว่า โดเมนที่ต่อเนื่องทวีคูณ ถ้าไม่มีหลุม ถ้ามีมากกว่า 1 หลุม

ภาพที่ 2-37 ภาพแสดงโดเมนที่ต่อเนื่องทวีคูณ

สนามเวกเตอร์ (Vector Fields)

ถ้าให้ F เป็นฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ที่นิยามใน $\mathbb{R}^3$ ซึ่ง

$$F(x,y,z) = f(x,y,z)\hat{i} + g(x,y,z)\hat{j} + h(x,y,z)\hat{k}$$

แล้วเรียกฟังก์ชัน F ว่าสนามเวกเตอร์ (Vector Fields) เราสามาหาสนามเวกเตอร์ได้ จากการหาเกรเดียนต์ของสนามสเกลาร์

ให้ ϕ เป็นสนามสเกลาร์ และ F เป็นสนามเวกเตอร์ ที่ $F = \nabla\phi$ แล้วเรียก F ว่าเป็นสนามเวกเตอร์เกรเดียนต์ (gradirnt vector field) โดยที่

$$\text{grad}\,\phi = \nabla\phi = \frac{\partial\phi}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial\phi}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial\phi}{\partial z}\hat{k}$$

จะเรียกฟังก์ชัน ϕ ว่า ฟังก์ชันศักย์ (potential function) สัญลักษณ์ ∇ อ่านว่า เดล เป็นตัวดำเนินการ ที่

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}$$

ทฤษฎีบท สนามเวกเตอร์อนุรักษ์ (Conservative Vector Fields)

ถ้า $f(\mathrm{x},\mathrm{y})$ และ $g(x,y)$ ต่อเนื่อง และอนุพันธ์ย่อยอันดับ 1 ต่อเนื่องบนพื้นที่เปิด D และ $F(x,y) = f(x,y)\hat{i} + g(x,y)\hat{j}$ คือ สนามเวกเตอร์อนุรักษ์ แล้ว

$$\frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial g}{\partial x}$$

บทนิยาม 5 การหางานจากการอินทิกรัลตามเส้น *(work as a line integral)*

ถ้า F คือสนามเวกเตอร์แบบต่อเนื่อง และ C เป็นเส้นโค้งราบเรียบใน 2 มิติ และมี Unit tangent vector (T) แล้วงานที่ดำเนินการโดยสนามเวกเตอร์บนวัตถุที่เคลื่อนที่ไปตามเส้นโค้ง C ในทิศทางเพิ่มขึ้น คือ

$$\begin{aligned} W &= \int_C F \cdot T\, ds \qquad ; T = \frac{dr}{ds} \\ &= \int_C F\, dr \end{aligned}$$

เนื่องจาก $F(x,y) = f(x,y)\hat{i} + g(x,y)\hat{j} \qquad ; F : \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}^2$

และ $dr = dx\hat{i} + dy\hat{j}$ ดังนั้น

$$W = \int_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy \qquad (33)$$

ถ้า $F(x,y) = f(x,y)\hat{i} + g(x,y)\hat{j}$ เป็นสนามเวกเตอร์อนุรักษ์ใน และ $f(\mathrm{x},\mathrm{y})$ และ $g(x,y)$ ต่อเนื่อง ถ้า

$$F(x,y) = \nabla\phi(x,y)$$

และถ้า C เป็นเส้นโค้งราบเรียบเป็นส่วน ๆ เริ่มจาก (x_0,y_0) ถึง (x_1,y_1) แล้ว

$$W = \int_C F(x,y)\,dr = \phi(x_1,y_1) - \phi(x_0,y_0)$$

นั่นคือถ้า F เป็นสนามอนุรักษ์ การอินทีเกรตจะเป็นอิสระต่อวิถี คือจะไม่ขึ้นกับทางเดิน (Path) แต่จะขึ้นอยู่กับจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดเท่านั้น

จากสมการ (33) สามารถนำไปประยุกต์เป็นทฤษฎีบทของกรีน (Green's Theorem) ได้ โดยมีเงื่อนไขหลักคือเส้นโค้งต้องเป็นเส้นโค้งปิด

ทฤษฎีบท 2 ทฤษฎีของกรีน

ให้ R เป็นบริเวณที่โดเมนต่อเนื่องอย่างง่าย ที่มีขอบเขต (เส้นโค้งอย่างง่าย, เส้นโค้งปิด, เส้นโค้ง C ราบเรียบเป็นส่วน ๆ) และทิศทางของเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา ถ้า $f(x,y)$ และ $g(x,y)$ ต่อเนื่อง และอนุพันธ์ย่อยอันดับ 1 ต่อเนื่องบน R แล้ว

$$\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy \;=\; \iint_R \left(\frac{\partial g}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y}\right) dA \qquad (34)$$

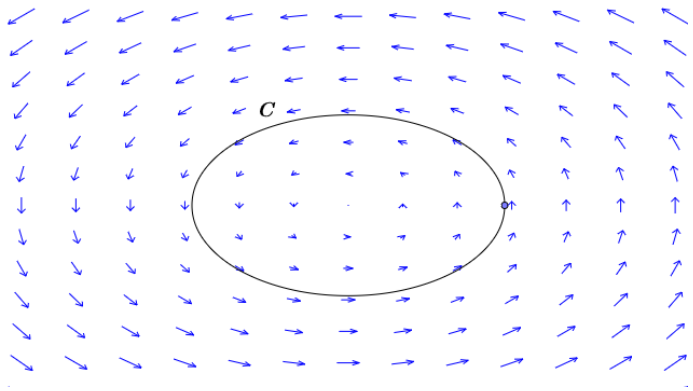
จากทฤษฎีบทของกรีน (34)

กำหนดให้

$$F(x,y) \;=\; f(x,y)\hat{i} + g(x,y)\hat{j}$$

กรณีที่ 1 ให้

$$F(x,y) \;=\; -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{1}{2}x\hat{j}$$



ภาพที่ 2-38 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) \;=\; -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{1}{2}x\hat{j}$

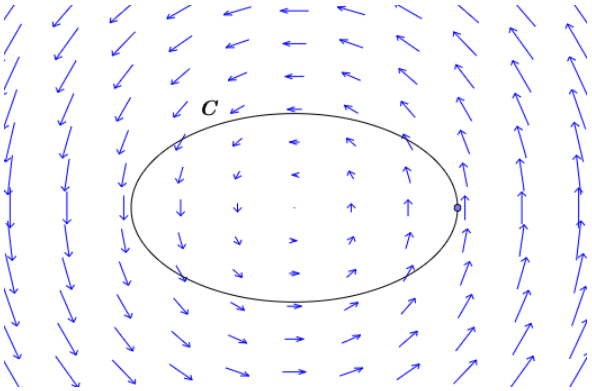
จะได้ $\frac{\partial g}{\partial x} = \frac{1}{2}$ และ $\frac{\partial g}{\partial y} = -\frac{1}{2}$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy &= \iint_R \left(\frac{\partial g}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y}\right) dA \\ &= \iint_R \left(\frac{1}{2} - \left(-\frac{1}{2}\right)\right) dA \\ &= \iint_R \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right) dA \\ &= \iint_R (1)\, dA \\ &= A\end{aligned}$$

กรณีที่ 2 ให้

$$F(x,y) = -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{3}{2}x\hat{j}$$



ภาพที่ 2-39 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{3}{2}x\hat{j}$

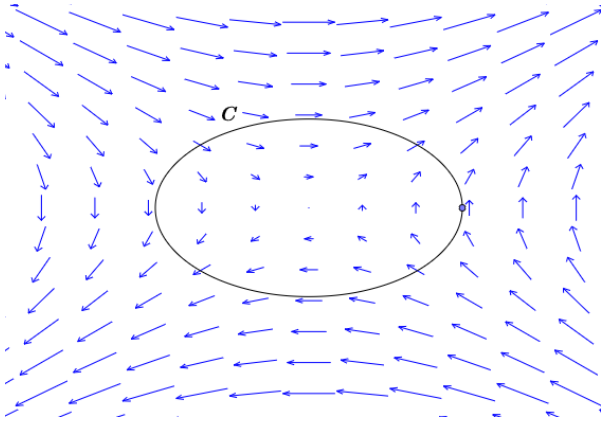
จะได้ $\frac{\partial g}{\partial x} = \frac{3}{2}$ และ $\frac{\partial g}{\partial y} = -\frac{1}{2}$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy &= \iint_R \left(\frac{\partial g}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y}\right) dA \\ &= \iint_R \left(\frac{3}{2} - \left(-\frac{1}{2}\right)\right) dA \\ &= \iint_R \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{2}\right) dA \\ &= \iint_R (2)\, dA \\ &= 2A\end{aligned}$$

กรณีที่ 3 ให้

$$F(x,y) = y\hat{i} + x\hat{j}$$



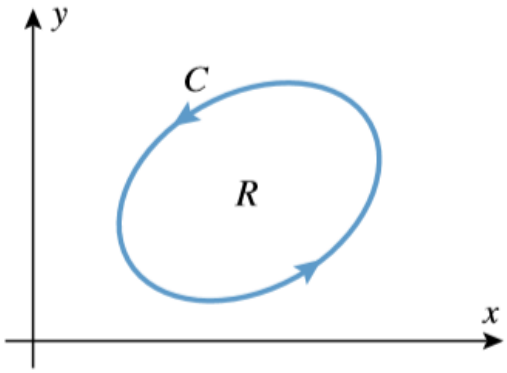
ภาพที่ 2-40 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = y\hat{i} + x\hat{j}$

จะได้ $\frac{\partial g}{\partial x} = 1$ และ $\frac{\partial g}{\partial y} = 1$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy &= \iint_R \left(\frac{\partial g}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y}\right) dA \\ &= \iint_R (1-1)\,dA \\ &= \iint_R (0)\,dA \\ &= 0\end{aligned}$$

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีบทของกรีนในการหาพื้นที่



ภาพที่ 2-41 ภาพแสดงบริเวณ R

เนื่องจาก พื้นที่ของ $R = \iint_R 1\,dxdy$

ถ้าสามารถหาสนามเวกเตอร์

$$F(x,y) = f(x,y)\hat{i} + g(x,y)\hat{j}$$

ซึ่ง

$$\frac{\partial g}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y} = 1$$

จะสามารถใช้ทฤษฎีของกรีนได้ จากสมการ (34) จะได้

$$\begin{aligned}\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy &= \iint_R \left(\frac{\partial g}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y}\right) dA \\ &= \iint_R 1\,dA \\ &= \text{Area } R\end{aligned}$$

ดังนั้น

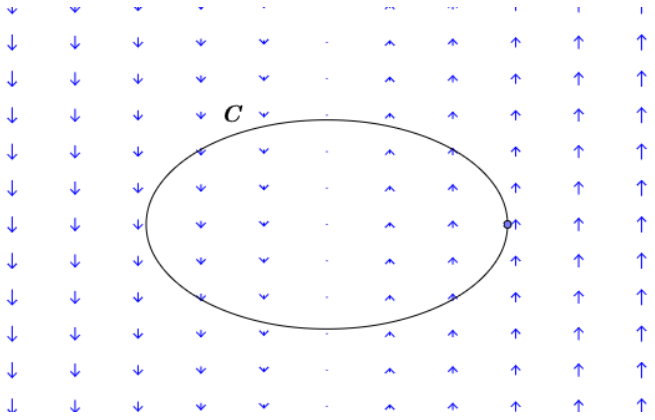
$$\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy = \text{Area } R \qquad (35)$$

ในการเลือก $f(x,y)$ และ $g(x,y)$ ที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในทฤษฎีของกรีน อันดับแรกต้องหา $f(x,y)$ และ $g(x,y)$ ที่มีคุณสมบัติต่อไปนี้

$$\frac{\partial g}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y} = 1$$

ซึ่งพิจารณา 3 กรณี ประกอบด้วย

กรณีที่ 1



ภาพที่ 2-42 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = x\hat{j}$

ให้ $f(x,y) = 0$ และ $g(x,y) = x$

ดังนั้น

$$F(x,y) = x\hat{j}$$

จากสมการ (35) จะได้

$$\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy = \text{Area } R$$
$$\int_c x\,dy = A$$

เนื่องจาก

$$\int r(t)\,dy = \int r(t)\cdot y'(t)\,dt$$

- แทน

$$r(t) = B_1(t,P_0,P_1) \quad ; t \in [0,1]$$
$$= \Delta P_0 t + P_0$$

โดนที่ $\Delta P_0 = P_1 - P_0$ และ $P_0 = (x_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n), y_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n))$

จะได้

$$x(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta x_0 t + x_0$$

และ

$$y(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta y_0 t + y_0$$
$$y'(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta y_0$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
\int_c x\,dy &= \int_c x(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dy \\
&= \int_0^1 x(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\cdot y'(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dt \\
&= \int_0^1 (\Delta x_0 t + x_0)\cdot(\Delta y_0)\,dt \\
&= (\Delta y_0)\int_0^1 (\Delta x_0 t + x_0)\,dt \\
&= (\Delta y_0)\left[\Delta x_0 \frac{t^2}{2} + x_0 t\right]_0^1 \\
&= (\Delta y_0)\left[\frac{\Delta x_0}{2} + x_0\right]
\end{aligned} \tag{36}$$

- แทน

$$\begin{aligned} r(t) &= B_2(t, P_0, P_1, P_2) \qquad ; t \in [0,1] \\ &= \Delta^2 P_0 t^2 + 2\Delta P_0 t + P_0 \end{aligned}$$

โดนที่ $\Delta P_0 = P_1 - P_0$ และ $P_0 = (x_0(t, P_0, P_1, \ldots P_n), y_0(t, P_0, P_1, \ldots P_n))$

จะได้

$$x(t, P_0, P_1, \ldots P_n) = \Delta^2 x_0 t^2 + 2\Delta x_0 t + x_0$$

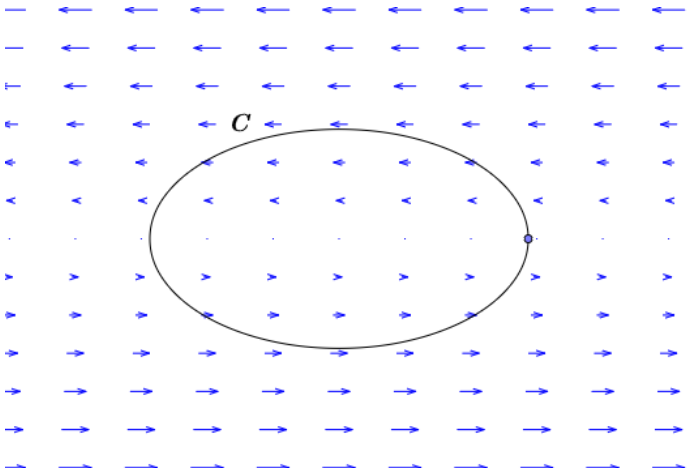
และ

$$\begin{aligned} y(t, P_0, P_1, \ldots P_n) &= \Delta^2 y_0 t^2 + 2\Delta y_0 t + y_0 \\ y'(t, P_0, P_1, \ldots P_n) &= 2\Delta^2 y_0 t + 2\Delta y_0 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \int_c x\,dy &= \int_c x(t, P_0, P_1, \ldots P_n)\, dy \\ &= \int_0^1 x(t, P_0, P_1, \ldots P_n) \cdot y'(t, P_0, P_1, \ldots P_n)\, dt \\ &= \int_0^1 (\Delta^2 x_0 t^2 + 2\Delta x_0 t + x_0)(\, 2\Delta^2 y_0 t + 2\Delta y_0)\, dt \\ &= \int_0^1 \begin{pmatrix} 2\Delta^2 x_0 \Delta^2 y_0 t^3 + 2\Delta^2 x_0 \Delta y_0 t^2 + 4\Delta x_0 \Delta^2 y_0 t^2 + 4\Delta x_0 \Delta y_0 t \\ +2x_0 \Delta^2 y_0 t + 2x_0 \Delta y_0 \end{pmatrix} dt \\ &= \left[\begin{array}{l} \dfrac{2\Delta^2 x_0 \Delta^2 y_0 t^4}{4} + \dfrac{2\Delta^2 x_0 \Delta y_0 t^3}{3} + \dfrac{4\Delta x_0 \Delta^2 y_0 t^3}{3} + \dfrac{4\Delta x_0 \Delta y_0 t^2}{2} \\ + \dfrac{2x_0 \Delta^2 y_0 t^2}{2} + 2x_0 \Delta y_0 t \end{array} \right]_0^1 \\ &= \left[\begin{array}{l} \dfrac{\Delta^2 x_0 \Delta^2 y_0 t^4}{2} + \dfrac{2\Delta^2 x_0 \Delta y_0 t^3}{3} + \dfrac{4\Delta x_0 \Delta^2 y_0 t^3}{3} + 2\Delta x_0 \Delta y_0 t^2 \\ + x_0 \Delta^2 y_0 t^2 + 2x_0 \Delta y_0 t \end{array} \right]_0^1 \\ &= \frac{\Delta^2 x_0 \Delta^2 y_0}{2} + \frac{2\Delta^2 x_0 \Delta y_0}{3} + \frac{4\Delta x_0 \Delta^2 y_0}{3} + 2\Delta x_0 \Delta y_0 + x_0 \Delta^2 y_0 \\ &\quad + 2x_0 \Delta y_0 \end{aligned} \tag{37}$$

กรณีที่ 2



ภาพที่ 2-43 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = -y\hat{i}$

ให้ $f(x,y) = -y$ และ $g(x,y) = 0$

ดังนั้น

$$F(x,y) = -y\hat{i}$$

จากสมการ (35) จะได้

$$\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy = \text{Area } R$$

$$\int_c -y\,dx = A$$

เนื่องจาก

$$\int r(t)\,dx = \int r(t)\cdot x'(t)\,dt$$

- แทน

$$r(t) = B_1(t,P_0,P_1) \quad ; t \in [0,1]$$
$$= \Delta P_0 t + P_0$$

โดนที่ $\Delta P_0 = P_1 - P_0$ และ $P_0 = (x_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n), y_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n))$

จะได้

$$x(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta x_0 t + x_0$$
$$x'(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta x_0$$

และ

$$y(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta y_0 t + y_0$$

ดังนั้น

$$
\begin{aligned}
\int_c -y\,dx &= \int_c -y(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dx \\
&= -\int_0^1 y(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\cdot x'(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dt \\
&= -\int_0^1 (\Delta y_0 t + y_0)\cdot(\Delta x_0)\,dt \\
&= -(\Delta x_0)\int_0^1 (\Delta y_0 t + y_0)\,dt \\
&= -(\Delta x_0)\left[\Delta y_0\,\frac{t^2}{2} + y_0 t\right]_0^1 \\
&= -(\Delta x_0)\left[\frac{\Delta y_0}{2} + y_0\right]
\end{aligned}
\tag{38}
$$

- แทน

$$
\begin{aligned}
r(t) &= B_2(t,P_0,P_1,P_2) \qquad ; t\in[0,1] \\
&= \Delta^2 P_0 t^2 + 2\Delta P_0 t + P_0
\end{aligned}
$$

โดนที่ $\Delta P_0 = P_1 - P_0$ และ $P_0 = (x_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n), y_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n))$

จะได้

$$
\begin{aligned}
x(t,P_0,P_1,\ldots P_n) &= \Delta^2 x_0 t^2 + 2\Delta x_0 t + x_0 \\
x'(t,P_0,P_1,\ldots P_n) &= 2\Delta^2 x_0 t + 2\Delta x_0
\end{aligned}
$$

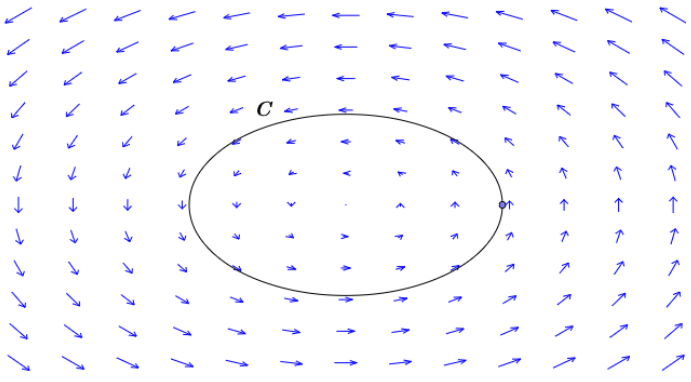
และ

$$
y(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta^2 y_0 t^2 + 2\Delta y_0 t + y_0
$$

ดังนั้น

$$
\begin{aligned}
\int_c -y\,dx &= \int_c -y(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dx \\
&= -\int_0^1 y(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\cdot x'(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dt \\
&= -\int_0^1 (\Delta^2 y_0 t^2 + 2\Delta y_0 t + y_0)(\,2\Delta^2 x_0 t + 2\Delta x_0)\,dt \\
&= -\int_0^1 \begin{pmatrix} 2\Delta^2 x_0\Delta^2 y_0 t^3 + 2\Delta x_0\Delta^2 y_0 t^2 + 4\Delta^2 x_0\Delta y_0 t^2 + 4\Delta x_0\Delta y_0 t \\ +2y_0\Delta^2 x_0 t + 2y_0\Delta x_0 \end{pmatrix} dt \\
&= -\left[\begin{matrix} \frac{2\Delta^2 x_0\Delta^2 y_0 t^4}{4} + \frac{2\Delta x_0\Delta^2 y_0 t^3}{3} + \frac{4\Delta^2 x_0\Delta y_0 t^3}{3} + \frac{4\Delta x_0\Delta y_0 t^2}{2} \\ + \frac{2y_0\Delta^2 x_0 t^2}{2} + 2y_0\Delta x_0 t \end{matrix} \right]_0^1 \\
&= -\left[\begin{matrix} \frac{\Delta^2 x_0\Delta^2 y_0 t^4}{2} + \frac{2\Delta x_0\Delta^2 y_0 t^3}{3} + \frac{4\Delta^2 x_0\Delta y_0 t^3}{3} + 2\Delta x_0\Delta y_0 t^2 \\ +y_0\Delta^2 x_0 t^2 + 2y_0\Delta x_0 t \end{matrix} \right]_0^1 \\
&= -\left[\begin{matrix} \frac{\Delta^2 x_0\Delta^2 y_0}{2} + \frac{2\Delta x_0\Delta^2 y_0}{3} + \frac{4\Delta^2 x_0\Delta y_0}{3} + 2\Delta x_0\Delta y_0 \\ +y_0\Delta^2 x_0 + 2y_0\Delta x_0 \end{matrix} \right]
\end{aligned}
\tag{39}
$$

กรณีที่ 3



ภาพที่ 2-44 ภาพแสดงสนามเวกเตอร์ $F(x,y) = -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{1}{2}x\hat{j}$

ให้ $f(x,y) = -\frac{1}{2}y$ และ $g(x,y) = \frac{1}{2}x$

ดังนั้น

$$F(x,y) = -\frac{1}{2}y\hat{i} + \frac{1}{2}x\hat{j}$$

จากสมการ (35) จะได้

$$\oint_C f(x,y)\,dx + g(x,y)\,dy = \text{Area } R$$

$$\int_c -\frac{1}{2}y\,dx + \frac{1}{2}x\,dy = A$$

เนื่องจาก

$$\int r(t)\,dx = \int r(t)\cdot x'(t)\,dt$$

และ

$$\int r(t)\,dy = \int r(t)\cdot y'(t)\,dt$$

- แทน

$$r(t) = B_1(t,P_0,P_1) \quad ; t \in [0,1]$$
$$= \Delta P_0 t + P_0$$

โดนที่ $\Delta P_0 = P_1 - P_0$ และ $P_0 = (x_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n), y_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n))$

จะได้

$$x(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta x_0 t + x_0$$
$$x'(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta x_0$$

และ

$$y(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta y_0 t + y_0$$
$$y'(t,P_0,P_1,\ldots P_n) = \Delta y_0$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
\int_c -\frac{1}{2}y\,dx+\frac{1}{2}x\,dy &= \int_c -\frac{1}{2}y(t,P_0,P_1,\ldots P_n)dx+\frac{1}{2}x(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dy \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 -y(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\cdot x'(t,P_0,P_1,\ldots P_n)dt \\
&\quad\ +x(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\cdot y'(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dt \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 -(\Delta y_0 t+y_0)(\Delta x_0)\,dt+(\Delta x_0 t+x_0)(\Delta y_0)\,dt \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 (-\Delta x_0\Delta y_0 t-y_0\Delta x_0)\,dt+(\Delta x_0\Delta y_0 t+x_0\Delta y_0)\,dt \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 (-\Delta x_0\Delta y_0 t-y_0\Delta x_0+\Delta x_0\Delta y_0 t+x_0\Delta y_0)\,dt \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 (x_0\Delta y_0-y_0\Delta x_0)\,dt \\
&= \frac{1}{2}\left[x_0\Delta y_0 t-y_0\Delta x_0 t\right]_0^1 \\
&= \frac{1}{2}\left[x_0\Delta y_0-y_0\Delta x_0\right] \qquad (40)
\end{aligned}$$

- แทน

$$\begin{aligned}
r(t) &= B_2(t,P_0,P_1,P_2) \qquad ;t\in[0,1] \\
&= \Delta^2 P_0 t^2+2\Delta P_0 t+P_0
\end{aligned}$$

โดนที่ $\Delta P_0 = P_1-P_0$ และ $P_0 = (x_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n), y_0(t,P_0,P_1,\ldots P_n))$

จะได้

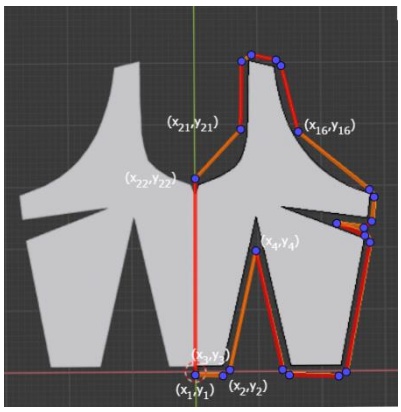
$$\begin{aligned}
x(t,P_0,P_1,\ldots P_n) &= \Delta^2 x_0 t^2+2\Delta x_0 t+x_0 \\
x'(t,P_0,P_1,\ldots P_n) &= 2\Delta^2 x_0 t+2\Delta x_0
\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
y(t,P_0,P_1,\ldots P_n) &= \Delta^2 y_0 t^2+2\Delta y_0 t+y_0 \\
y'(t,P_0,P_1,\ldots P_n) &= 2\Delta^2 y_0 t+2\Delta y_0
\end{aligned}$$

ดังนั้น

$$
\begin{aligned}
\int_c -\frac{1}{2}y\,dx+\frac{1}{2}x\,dy &= \int_c -\frac{1}{2}y(t,P_0,P_1,\ldots P_n)dx+\frac{1}{2}x(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dy \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 \begin{matrix} -y(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\cdot x'(t,P_0,P_1,\ldots P_n)dt \\ +x(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\cdot y'(t,P_0,P_1,\ldots P_n)\,dt \end{matrix} \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 -(\Delta^2 y_0 t^2+2\Delta y_0 t+y_0)(2\Delta^2 x_0 t+2\Delta x_0)\,dt \\
&\quad +(\Delta^2 x_0 t^2+2\Delta x_0 t+x_0)(2\Delta^2 y_0 t+2\Delta y_0)\,dt \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 \begin{pmatrix} -2\Delta^2 x_0\Delta^2 y_0 t^3-2\Delta x_0\Delta^2 y_0 t^2-4\Delta^2 x_0\Delta y_0 t^2-4\Delta x_0\Delta y_0 t \\ -2y_0\Delta^2 x_0 t-2y_0\Delta x_0 \end{pmatrix} dt \\
&\quad +\frac{1}{2}\int_0^1 \begin{pmatrix} 2\Delta^2 x_0\Delta^2 y_0 t^3+2\Delta^2 x_0\Delta y_0 t^2+4\Delta x_0\Delta^2 y_0 t^2+4\Delta x_0\Delta y_0 t \\ +2x_0\Delta^2 y_0 t+2x_0\Delta y_0 \end{pmatrix} dt \\
&= \frac{1}{2}\int_0^1 \begin{pmatrix} 2\Delta x_0\Delta^2 y_0 t^2-2\Delta^2 x_0\Delta y_0 t^2-2y_0\Delta^2 x_0 t-2y_0\Delta x_0 \\ +2x_0\Delta^2 y_0 t+2x_0\Delta y_0 \end{pmatrix} dt \\
&= \frac{1}{2}\left[\begin{matrix} \frac{2\Delta x_0\Delta^2 y_0 t^3}{3}-\frac{2\Delta^2 x_0\Delta y_0 t^3}{3}-\frac{2y_0\Delta^2 x_0 t^2}{2}-2y_0\Delta x_0 t \\ +\frac{2x_0\Delta^2 y_0 t^2}{2}+2x_0\Delta y_0 t \end{matrix}\right]_0^1 \\
&= \frac{1}{2}\left[\begin{matrix} \frac{2\Delta x_0\Delta^2 y_0 t^3}{3}-\frac{2\Delta^2 x_0\Delta y_0 t^3}{3}-y_0\Delta^2 x_0 t^2-2y_0\Delta x_0 t \\ +x_0\Delta^2 y_0 t^2+2x_0\Delta y_0 t \end{matrix}\right]_0^1 \qquad (41) \\
&= \frac{1}{2}\left[\begin{matrix} \frac{2\Delta x_0\Delta^2 y_0}{3}-\frac{2\Delta^2 x_0\Delta y_0}{3}-y_0\Delta^2 x_0-2y_0\Delta x_0+x_0\Delta^2 y_0 \\ +2x_0\Delta y_0 \end{matrix}\right] \\
&= \frac{\Delta x_0\Delta^2 y_0}{3}-\frac{\Delta^2 x_0\Delta y_0}{3}-\frac{y_0\Delta^2 x_0}{2}-y_0\Delta x_0+\frac{x_0\Delta^2 y_0}{2} \\
&\quad +x_0\Delta y_0
\end{aligned}
$$



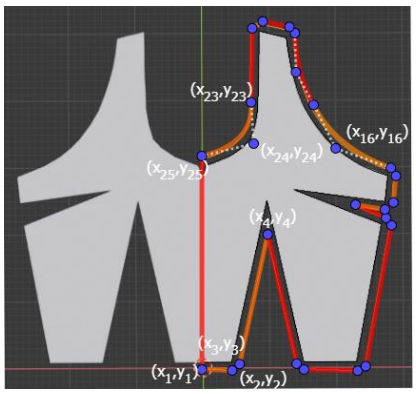
ภาพที่ 2–45 ภาพแสดงพื้นที่แบบรูปหลายเหลี่ยม

การหาพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม (Polygon)

$$A = \frac{1}{2}\left(\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_2 & x_3 \\ y_2 & y_3 \end{vmatrix} + \ldots + \begin{vmatrix} x_n & x_1 \\ y_n & y_1 \end{vmatrix}\right) \qquad (42)$$

$$\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

โดยที่ (x_i, y_i) คือ จุดควบคุมของเส้นโค้งเบซิเยร์ และ n คือจำนวนเส้นโค้ง



ภาพที่ 2–46 ภาพแสดงพื้นที่แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง

การหาพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีบทของกรีน

การหาพื้นที่ของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1

จากสมการ จะได้

$$A = \sum_{i=1}^{n}(\Delta y_i)\left[\frac{\Delta x_i}{2} + x_i\right] \quad (43)$$

การหาพื้นที่ของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2

จากสมการ จะได้

$$A = \sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta^2 x_i \Delta^2 y_i}{2} + \frac{2\Delta^2 x_i \Delta y_i}{3} + \frac{4\Delta x_i \Delta^2 y_i}{3} + 2\Delta x_i \Delta y_i + x_i \Delta^2 y_i + 2x_i \Delta y_i \quad (44)$$

โดยที่ $\Delta x_i = x_{i+1} - x_i$, $\Delta y_i = y_{i+1} - y_i$ และ n คือจำนวนเส้นโค้ง

และ (x_i, y_i) คือ จุดควบคุมของเส้นโค้งเบซิเยร์

การหาพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยมและใช้ทฤษฎีบทของกรีน

การหาพื้นที่ของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1

จากสมการ (42) จะได้

$$A = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

การหาพื้นที่ของเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 2

จากสมการ (44) จะได้

$$A = \sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta^2 x_i \Delta^2 y_i}{2} + \frac{2\Delta^2 x_i \Delta y_i}{3} + \frac{4\Delta x_i \Delta^2 y_i}{3} + 2\Delta x_i \Delta y_i + x_i \Delta^2 y_i + 2x_i \Delta y_i$$

โดยที่ $\Delta x_i = x_{i+1} - x_i$, $\Delta y_i = y_{i+1} - y_i$ และ n คือจำนวนเส้นโค้ง

และ (x_i, y_i) คือ จุดควบคุมของเส้นโค้งเบซิเยร์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานการศึกษาวิจัย เรื่อง การประยุกต์ใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ในการออกแบบชุด ซึ่งได้นำความรู้จากทฤษฎีบท โปรแกรมจีโอจีบา (Geogebra) และเบลนเดอร์ (Blender) มาใช้ในการดำเนินงานวิจัย โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการออกแบบชุดในกระดาษ

3.2 ขั้นตอนการออกแบบชุดในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender)

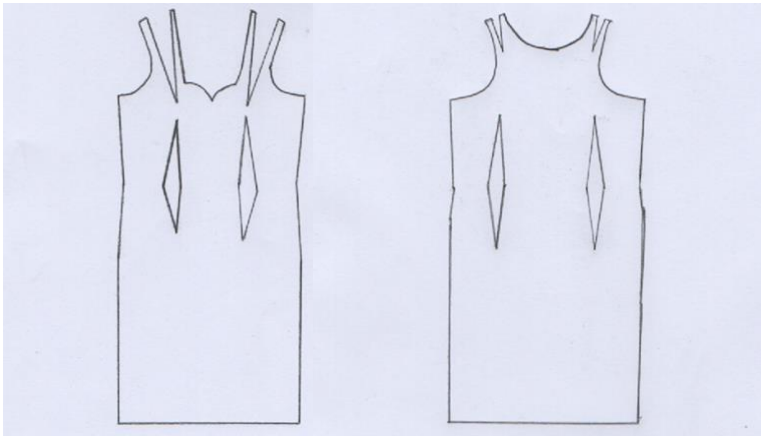
3.3 ขั้นตอนการตัดชุดในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender)

3.4 ขั้นตอนการลงลายบนชุดที่ตัดเย็บในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender)

3.5 ขั้นตอนการเก็บจุดเพื่อการใช้งานอื่น ๆ

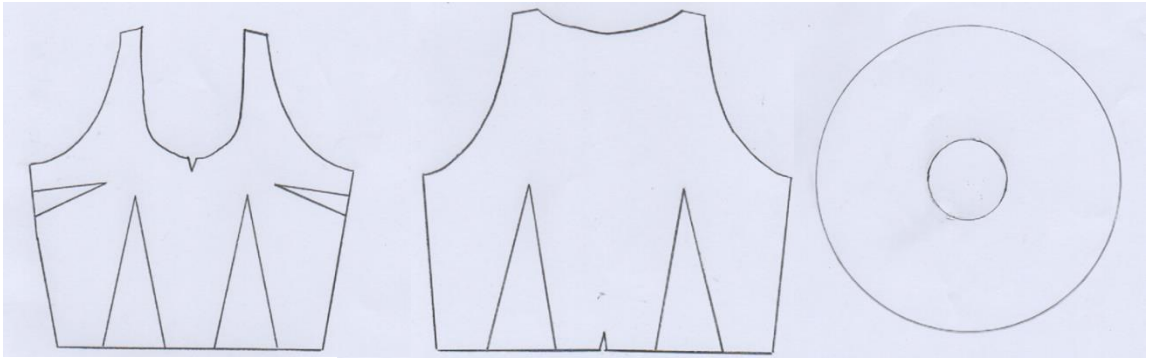
3.1 ขั้นตอนการออกแบบชุดในกระดาษ

3.1.1 ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ



ภาพที่ 3-1 แบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

3.1.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



ภาพที่ 3-2 แบบชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

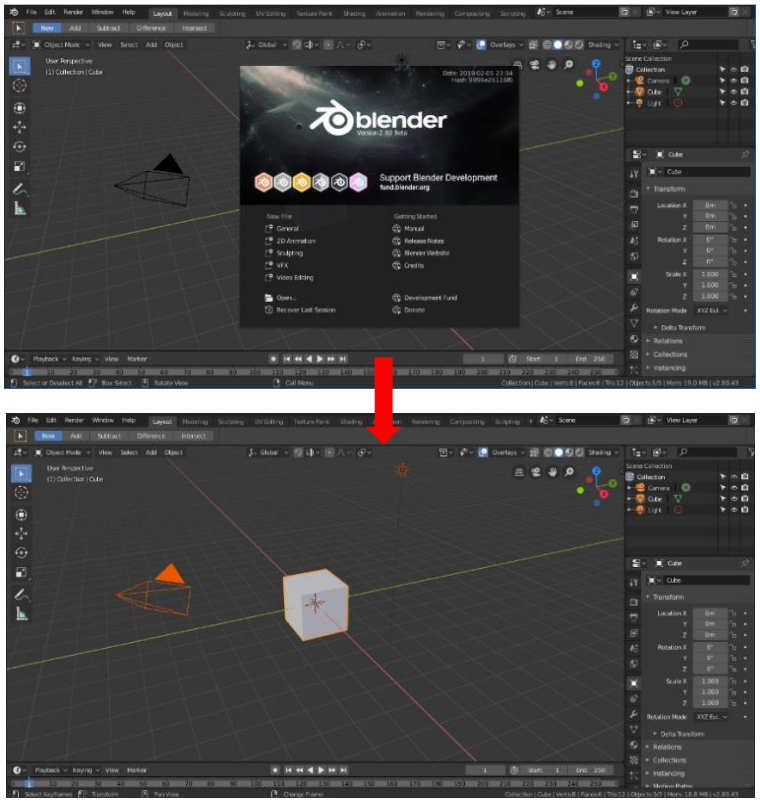
3.2 ขั้นตอนการออกแบบชุดในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender)

ในขั้นตอนนี้ จะทำการออกแบบชุดรูปต่าง ๆ ในโปรแกรมเบลนเดอร์

3.2.1 ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

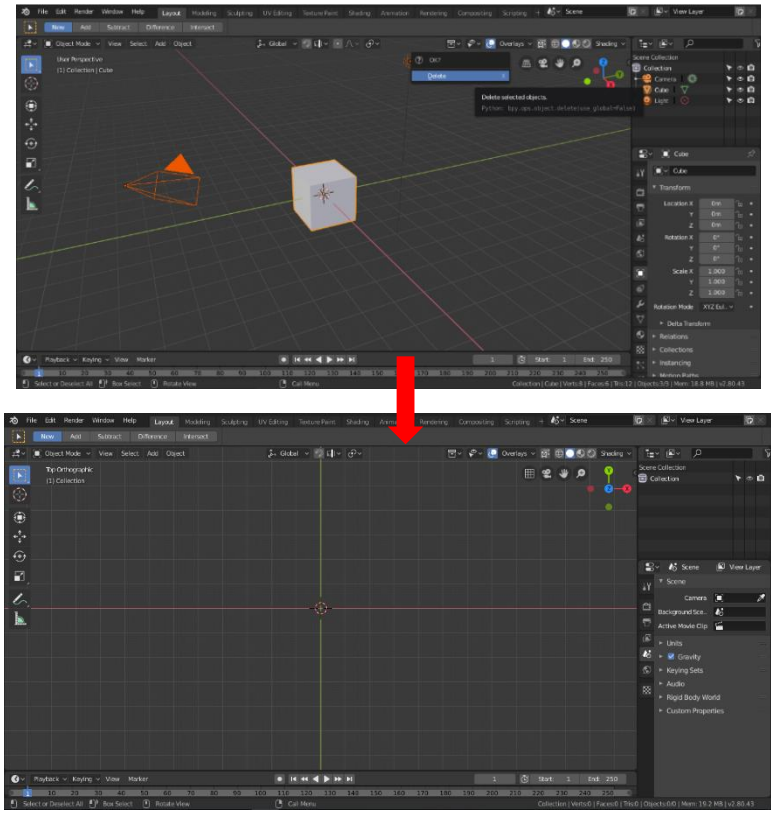
1. เปิดโปรแกรมเบลนเดอร์



ภาพที่ 3-3 โปรแกรมเบลนเดอร์

2. ลบวัตถุทั้งหมด

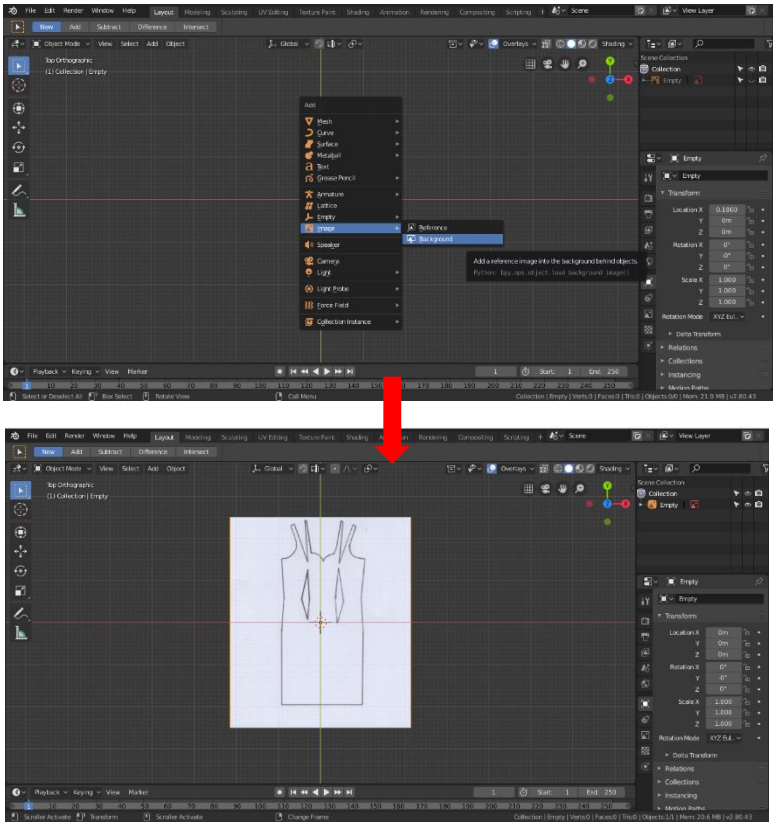
กด X เลือก Delete และเปลี่ยนมุมมองเป็นระนาบ XY



ภาพที่ 3-4 การลบวัตถุ

3. นำแบบชุดที่ทำการออกแบบในกระดาษลงในโปรแกรมเบลนเดอร์

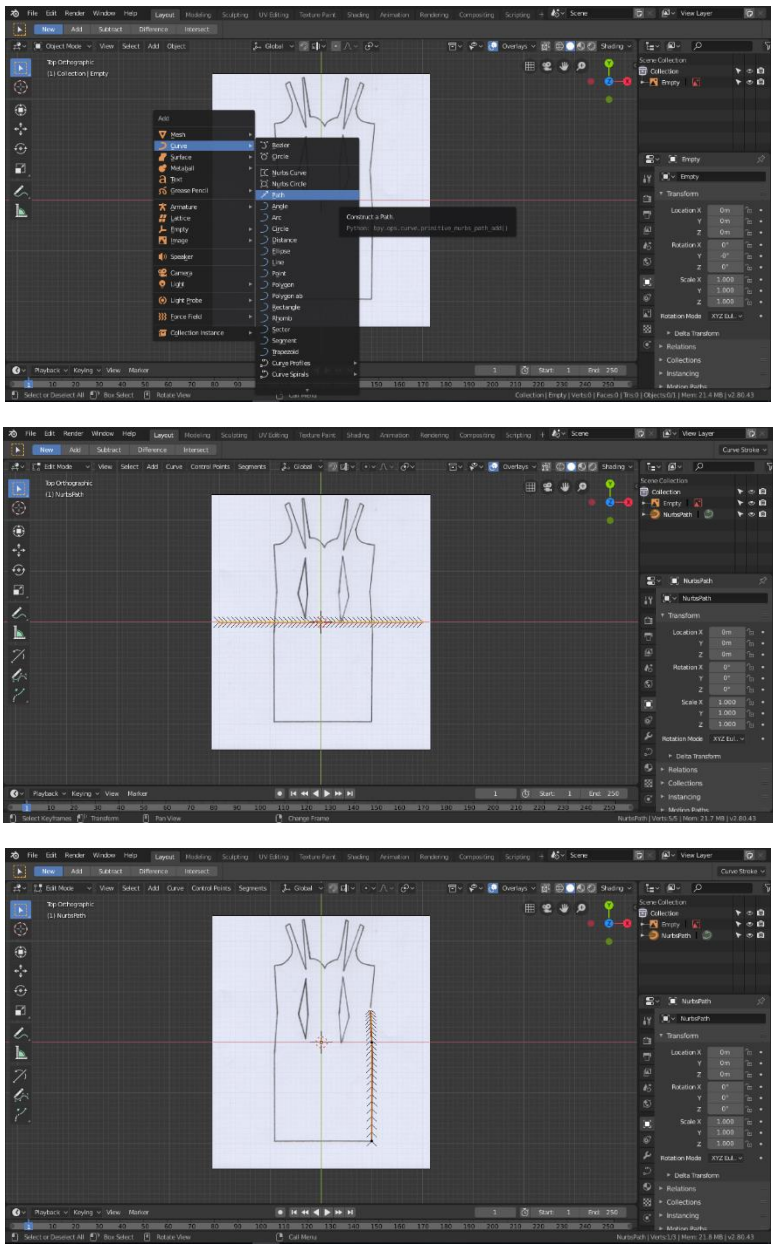
กด Shift+A เลือก Image > Background > เลือกรูป



ภาพที่ 3-5 นำแบบชุดที่ออกแบบในกระดาษลงในโปรแกรมเบลนเดอร์

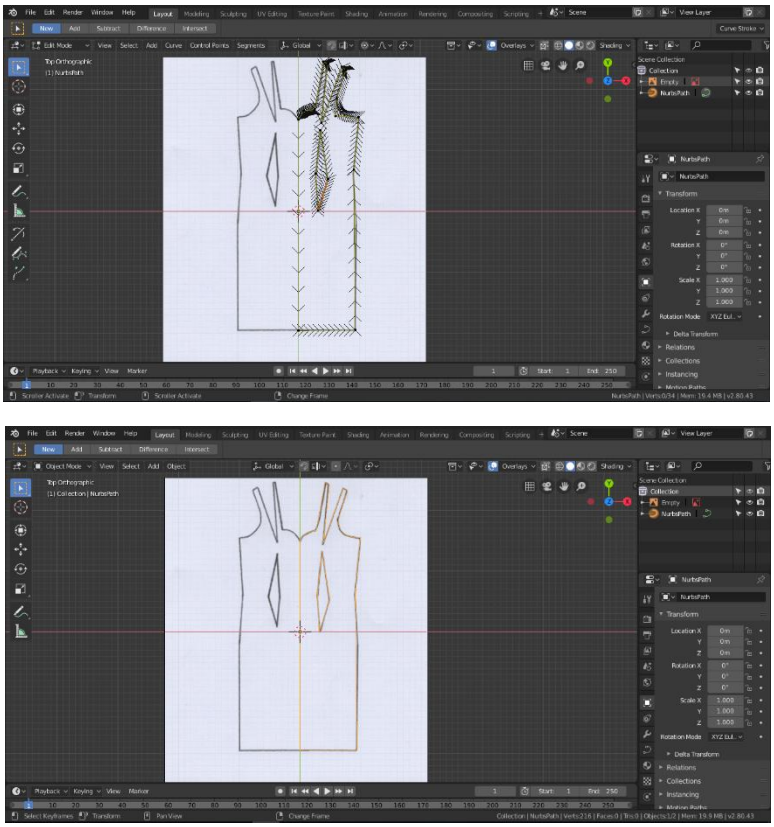
4. เพิ่มเส้น Path ขึ้นมา จากนั้นลบจุด 2 จุด เพื่อให้ได้เส้นโค้งเบซิเยร์ อับดับ 2 หรือลบจุด 3 จุด เพื่อให้ได้เส้นโค้งเบซิเยร์อับดับ 1 และในการสร้างเส้นโค้งเบซิเยร์จากเส้น Path จะพบว่าหัวลูกศรจะแสดงทิศทางของเส้นโค้งว่าเกิดจากจุดใดไปยังจุดใด

กด Shift+A เลือก Add > Curve > Path จากนั้นเปลี่ยนจาก Object Mode เป็น Edit Mode ลบจุด 2 จุดหรือลบจุด 3 จุด และลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุด



ภาพที่ 3-6 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุด

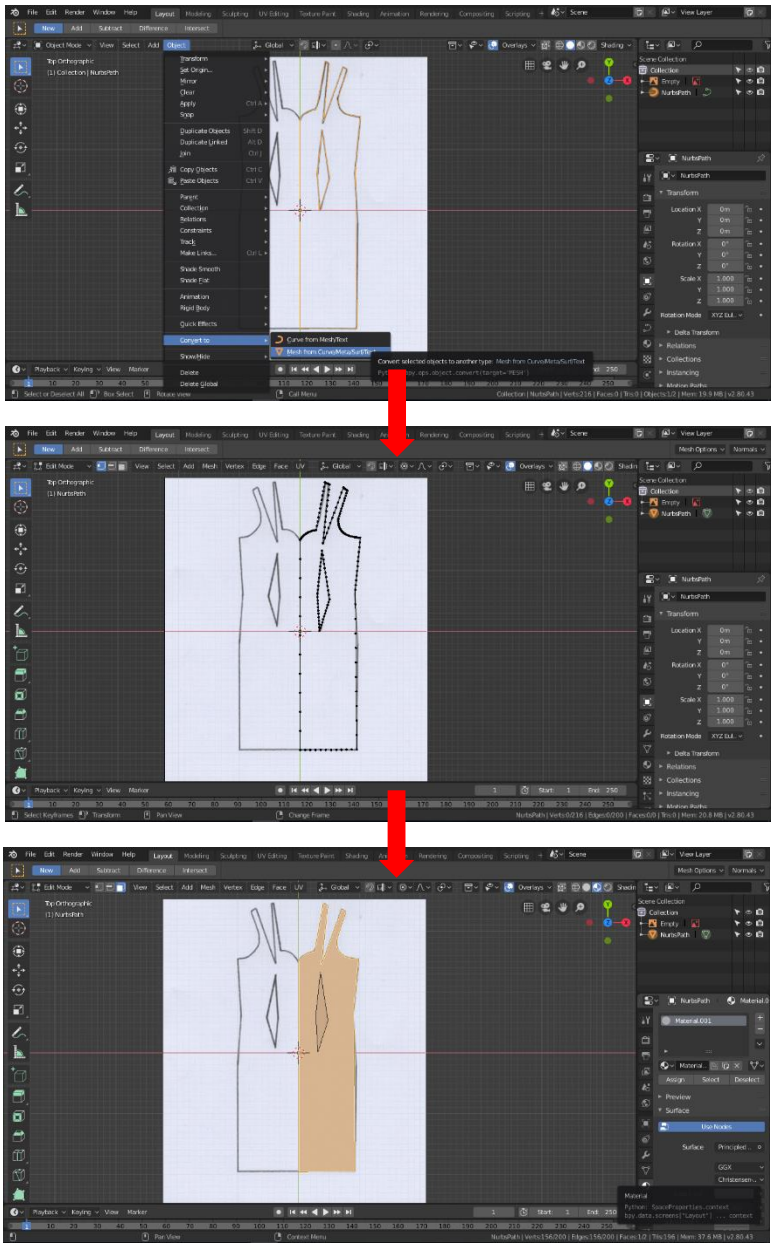
5. ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุดโดยทำแค่ครึ่งชุด เนื่องจากชุดมีความสมมาตร จากนั้นเปลี่ยนจาก Edit Mode เป็น Object Mode



ภาพที่ 3-7 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุดครึ่งชุด

6. ทำการสร้างพื้นผิว

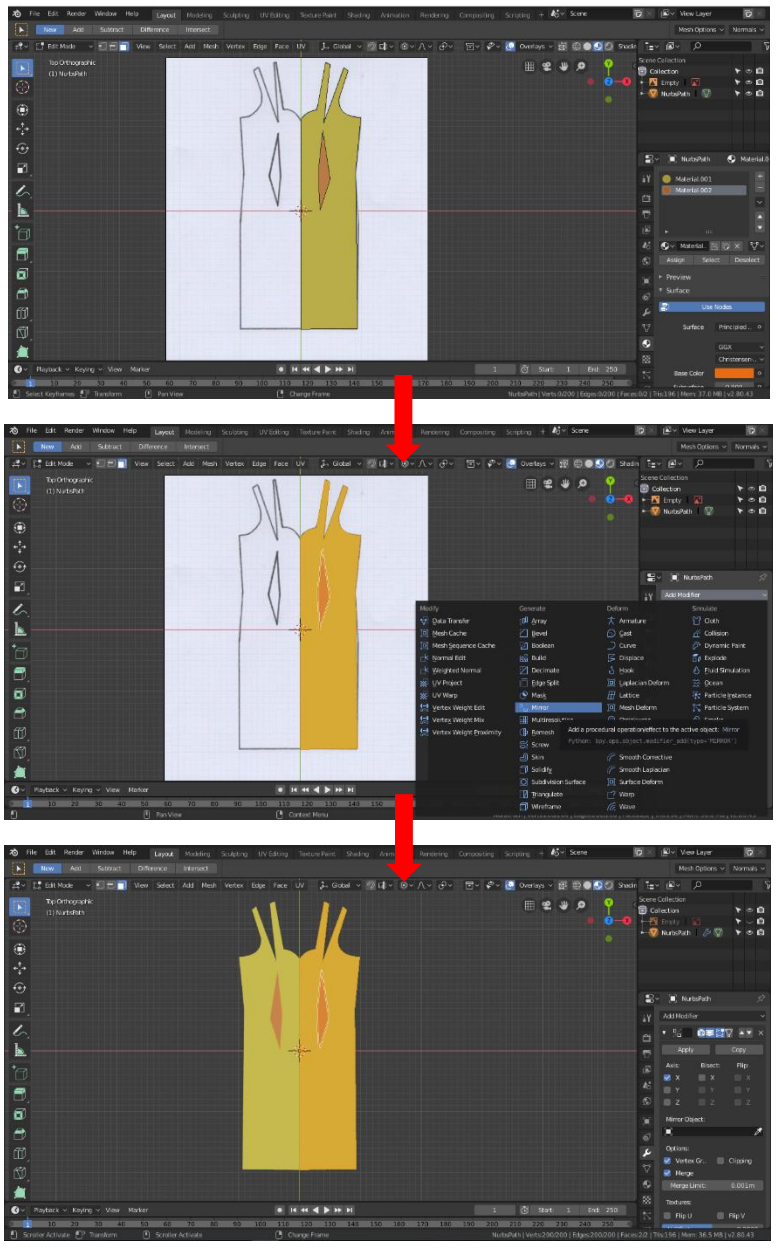
กด Object > Convert to > Mesh from Curve/Meta/Surf/Text จากนั้นเปลี่ยนจาก Object Mode เป็น Edit Mode เลือกหน้าและกด F



ภาพที่ 3-8 สร้างพื้นผิว

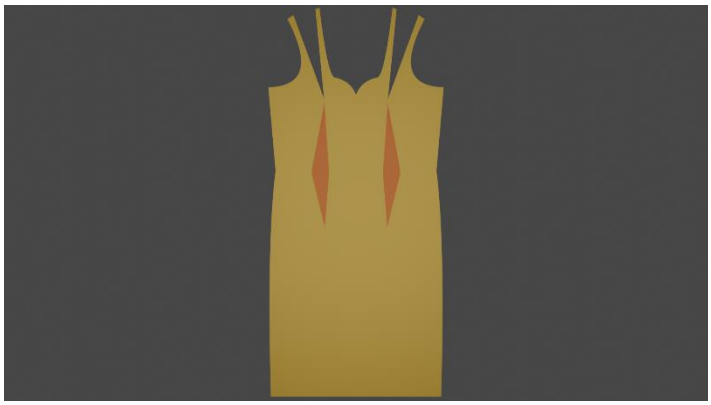
7. ทำการสะท้อนเนื่องจากชุดทั้งสองฝั่งสมมาตรกัน

เลือกหน้า > Material ทำการใส่สี > เลือกทั้งหมดโดยกด A > Modifiers > Add Modifiers > Mirror



ภาพที่ 3-9 การใส่สีและสะท้อนชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

8. ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า



ภาพที่ 3–10 แบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าทำการออกแบบจากโปรแกรมเบลนเดอร์

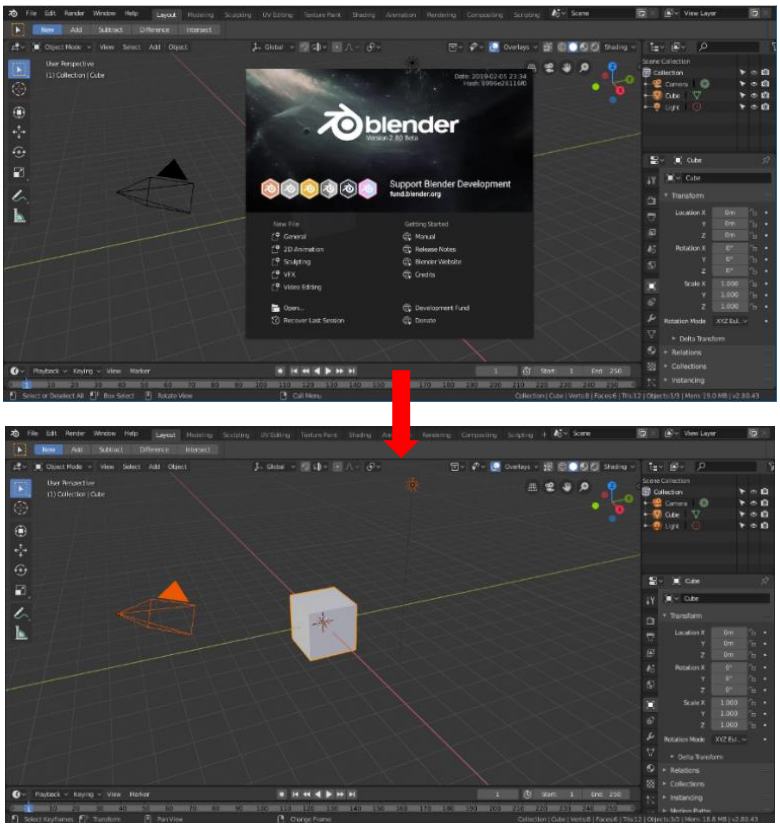
- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง
  ในทำนองเดียวกันกับชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

ภาพที่ 3–11 แบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลังทำการออกแบบจากโปรแกรมเบลนเดอร์

3.2.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

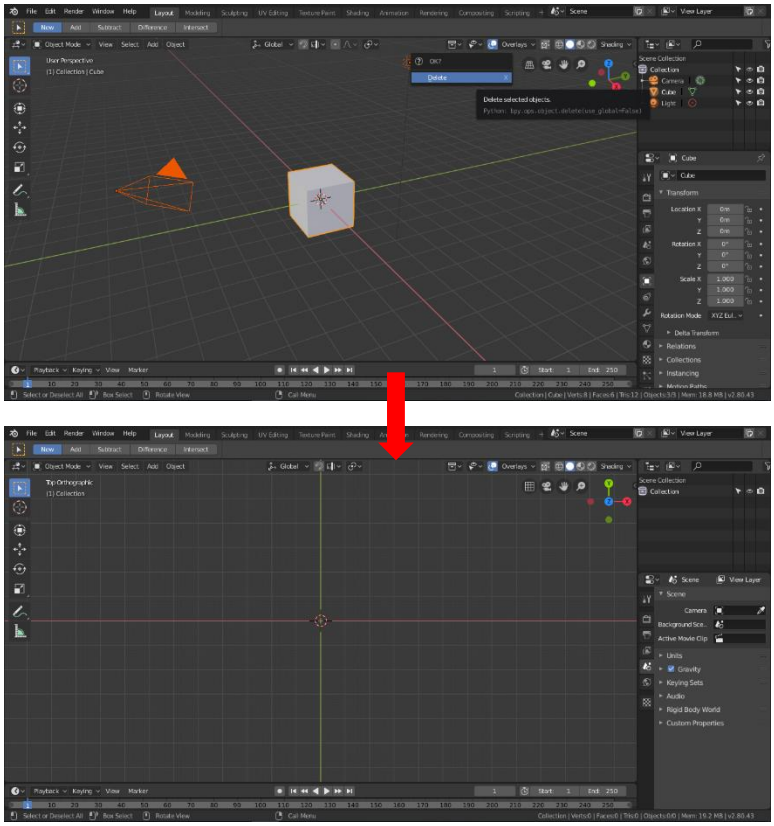
1. เปิดโปรแกรมเบลนเดอร์



ภาพที่ 3–12 โปรแกรมเบลนเดอร์

2. ลบวัตถุทั้งหมด

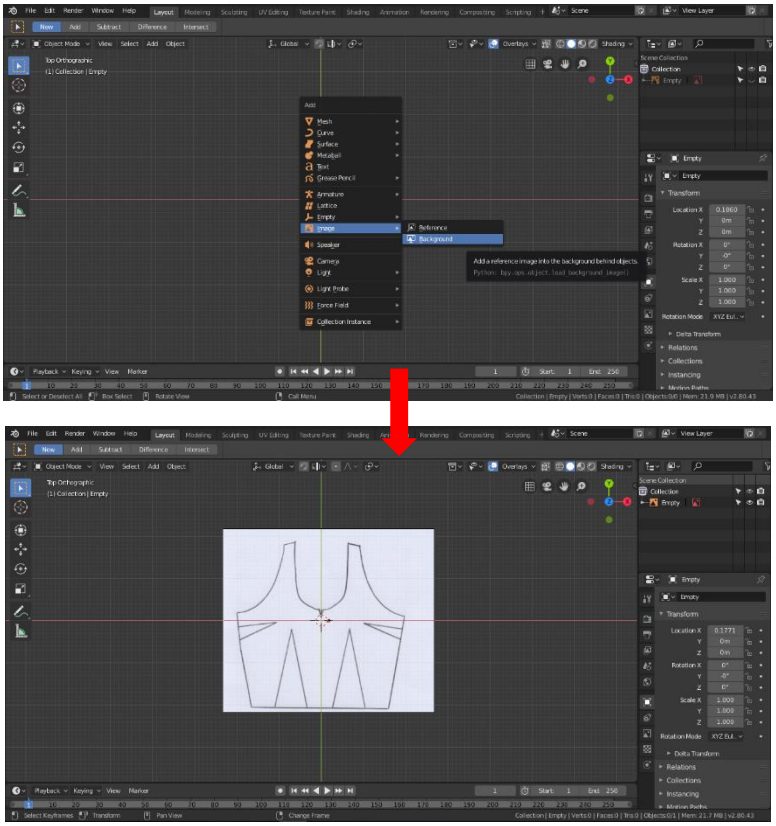
กด X เลือก Delete และเปลี่ยนมุมมองเป็นระนาบ XY



ภาพที่ 3-13 การลบวัตถุ

3. นำแบบชุดที่ออกแบบในกระดาษใส่ในโปรแกรมเบลนเดอร์

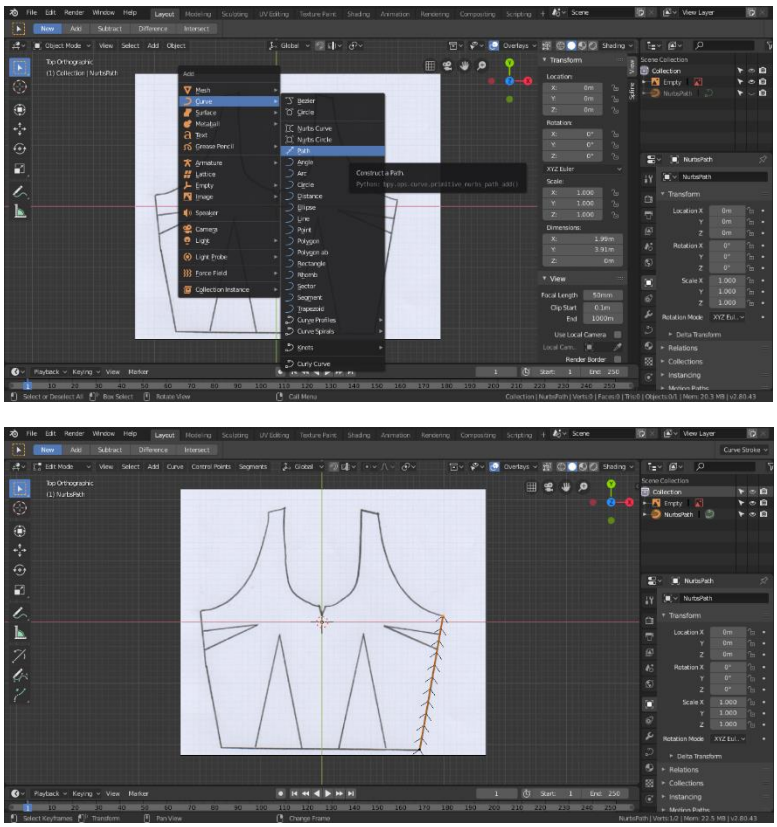
กด Shift+A เลือก Image > Background > เลือกรูป



ภาพที่ 3-14 นำแบบชุดที่ออกแบบในกระดาษลงในโปรแกรมเบลนเดอร์

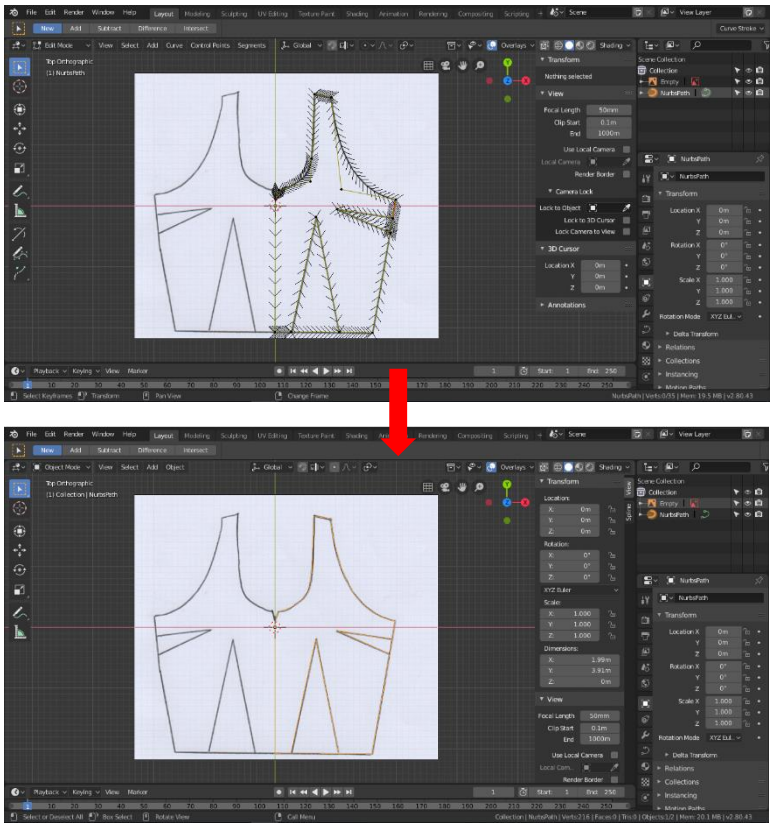
4. เพิ่มเส้น Path ขึ้นมา จากนั้นลบจุด 2 จุด เพื่อให้ได้เส้นโค้งเบซิเยร์อับดับ 2 หรือลบจุด 3 จุด เพื่อให้ได้เส้นโค้งเบซิเยร์อับดับ 1 และในการสร้างเส้นโค้งเบซิเยร์จากเส้น Path จะพบว่าหัวลูกศรจะแสดงทิศทางของเส้นโค้งว่าเกิดจากจุดใดไปยังจุดใด

กด Shift+A เลือก Add > Curve > Path จากนั้นเปลี่ยนจาก Object Mode เป็น Edit Mode ลบจุด 2 จุดหรือลบจุด 3 จุด และลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุด



ภาพที่ 3-15 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุด

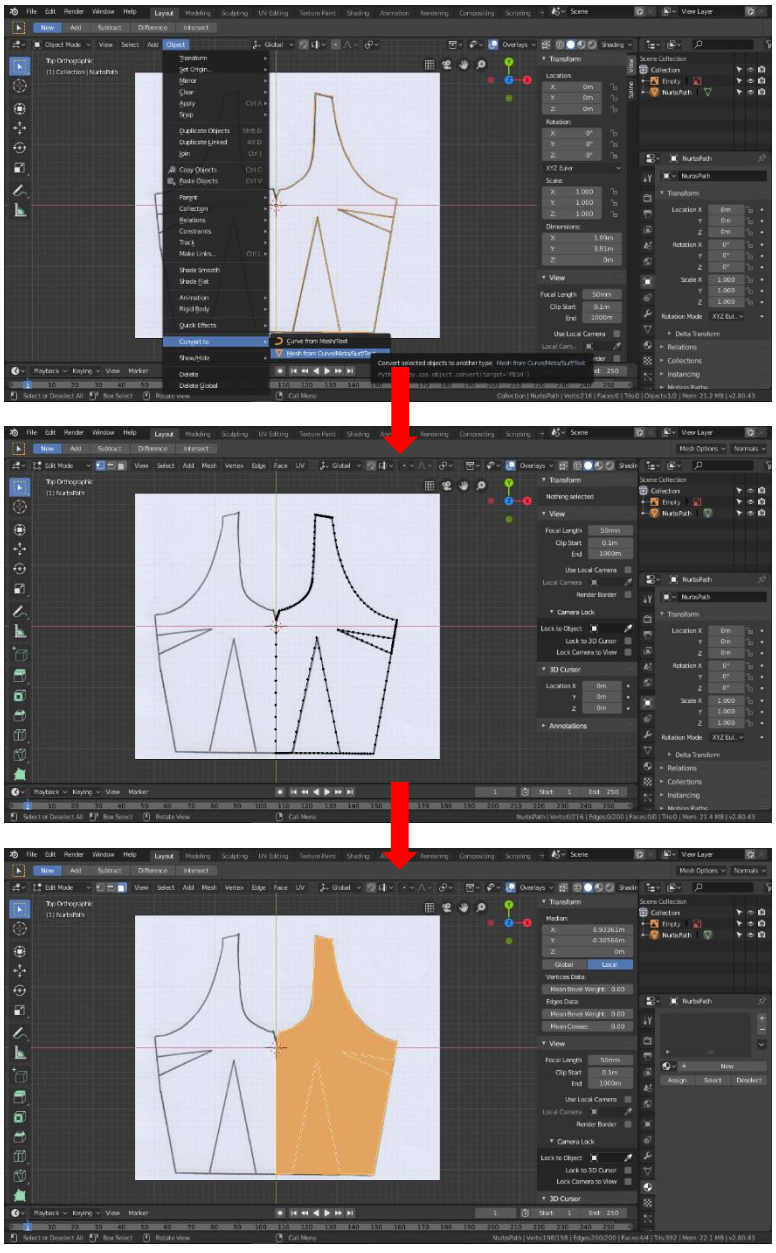
5. ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุดโดยทำแค่ครึ่งชุดเนื่องจากชุดมีความสมมาตร จากนั้นเปลี่ยนจาก Edit Mode เป็น Object Mode



ภาพที่ 3-16 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุดครึ่งชุด

6. ทำการสร้างพื้นผิว

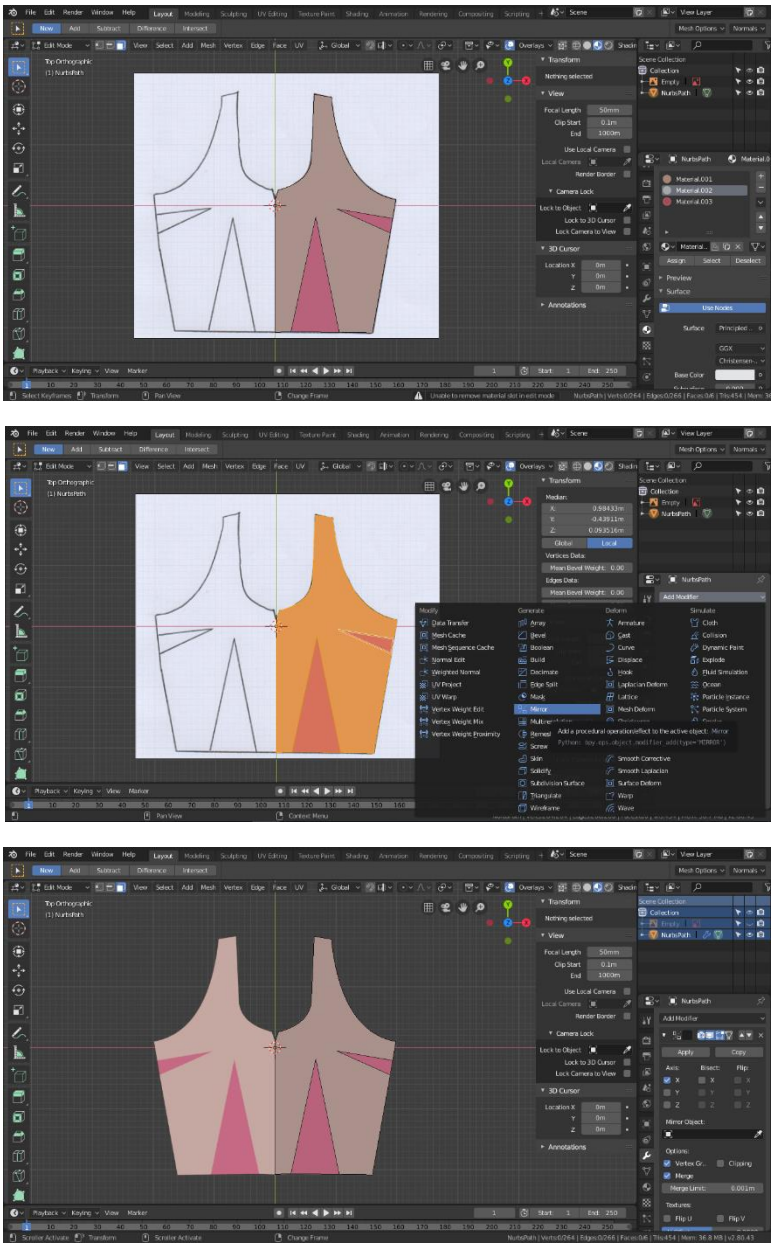
กด Object > Convert to > Mesh from Curve/Meta/Surf/Text จากนั้นเปลี่ยนจาก Object Mode เป็น Edit Mode เลือกหน้าและกด F



ภาพที่ 3-17 สร้างพื้นผิว

7. ทำการสะท้อนเนื่องจากชุดทั้งสองฝั่งสมมาตรกัน

เลือกหน้า > Material ทำการใส่สี > เลือกทั้งหมดโดยกด A > Modifiers > Add Modifiers > Mirror



ภาพที่ 3–18 การใส่สีและสะท้อนเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

8. เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

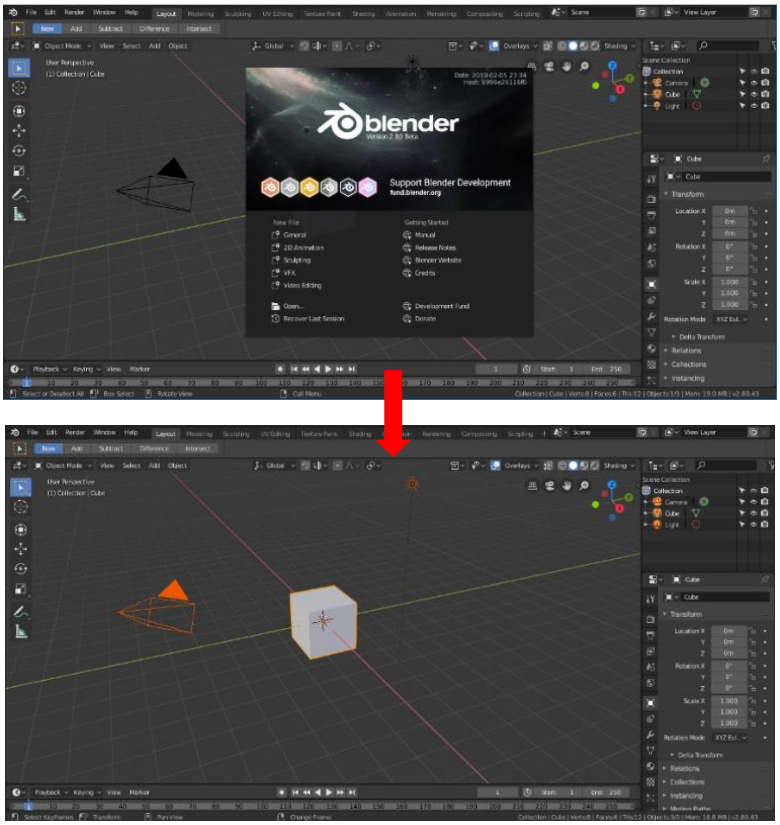
ภาพที่ 3–19 แบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบานทำการออกแบบจากโปรแกรมเบสแดอร์

- เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน
  ในทำนองเดียวกันกับเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ภาพที่ 3–20 แบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบานทำการออกแบบจากโปรแกรมเบสแดอร์

- กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

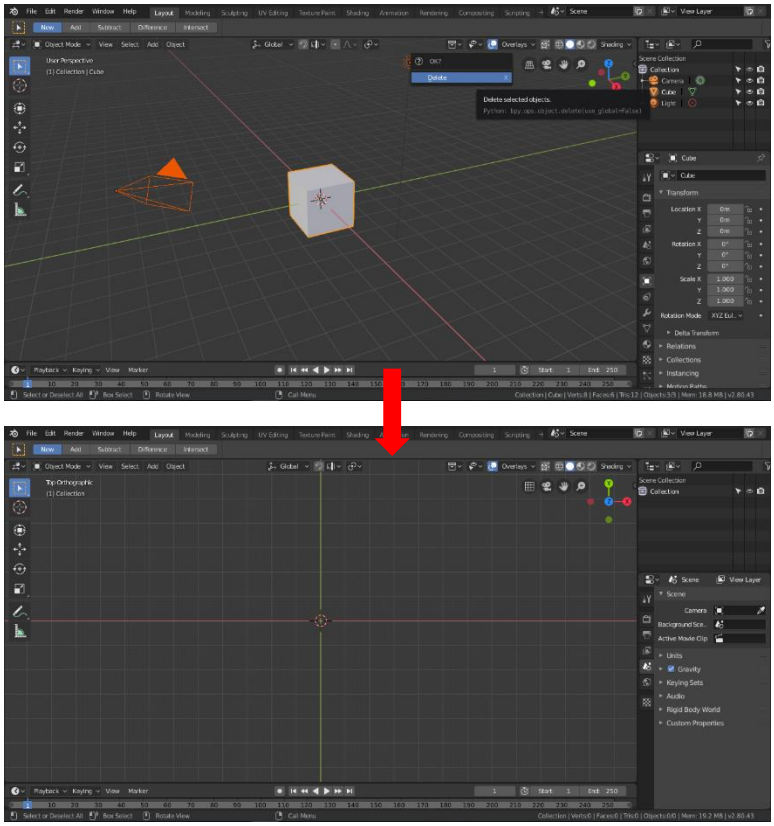
1. เปิดโปรแกรมเบลนเดอร์



ภาพที่ 3–21 โปรแกรมเบลนเดอร์

2. ลบวัตถุทั้งหมด

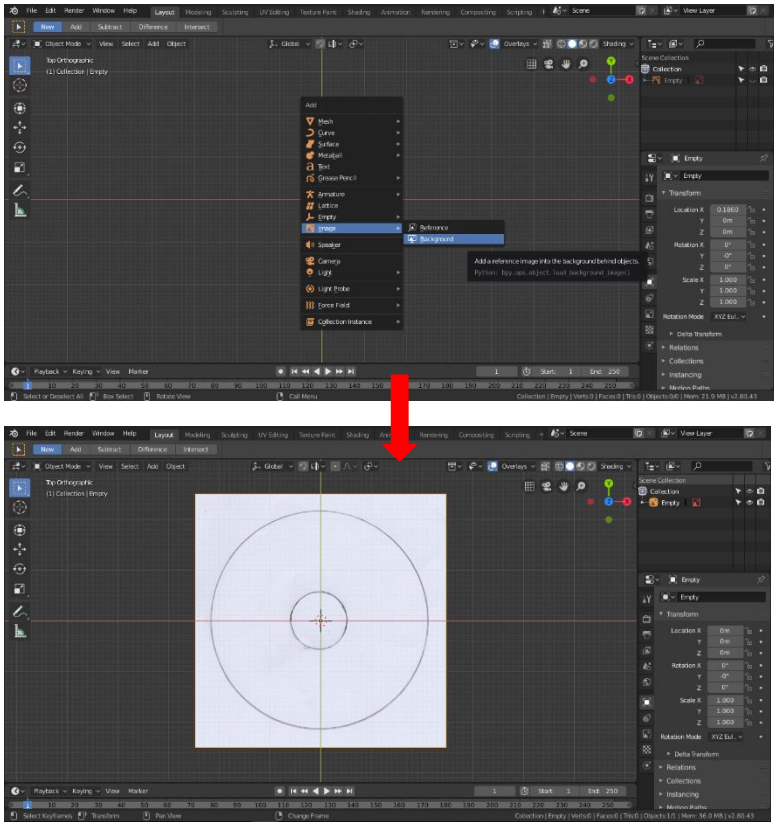
กด X เลือก Delete และเปลี่ยนมุมมองเป็นระนาบ XY



ภาพที่ 3-22 การลบวัตถุ

3. นำแบบกระโปรงที่ออกแบบในกระดาษใส่ในโปรแกรมเบลนเดอร์

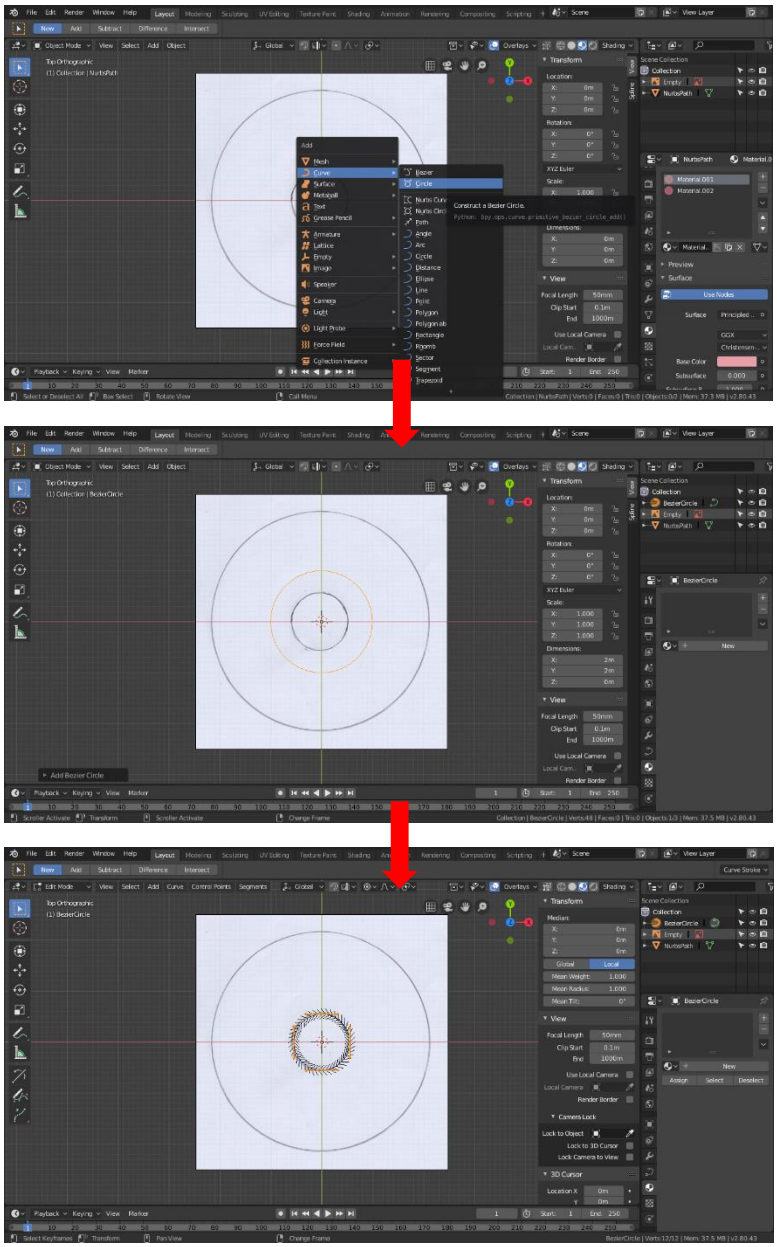
กด Shift+A เลือก Image > Background > เลือกรูป



ภาพที่ 3-23 นำแบบกระโปรงที่ออกแบบในกระดาษใส่ในโปรแกรมเบลนเดอร์

4. สร้างวงกลมเพื่อทำขอบกระโปรง

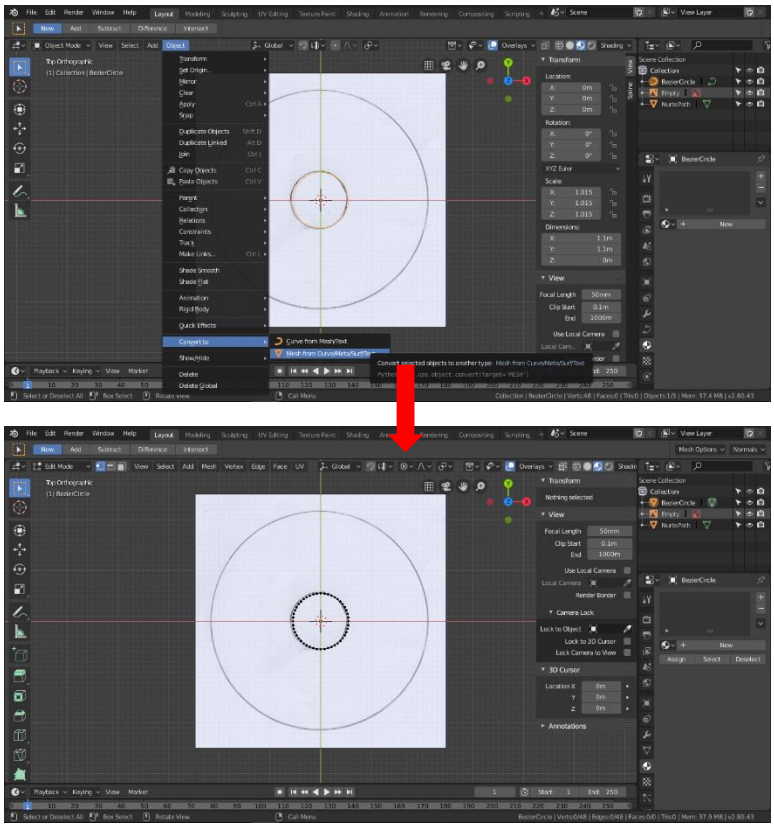
กด Shift+A เลือก Add > Curve > Circle จากนั้นเปลี่ยนจาก Object Mode เป็น Edit Mode กด S เพื่อปรับขนาด Circle ให้มีขนาดตามแบบชุด



ภาพที่ 3-24 ลากเส้นโค้งเบซิเยร์ตามแบบชุด

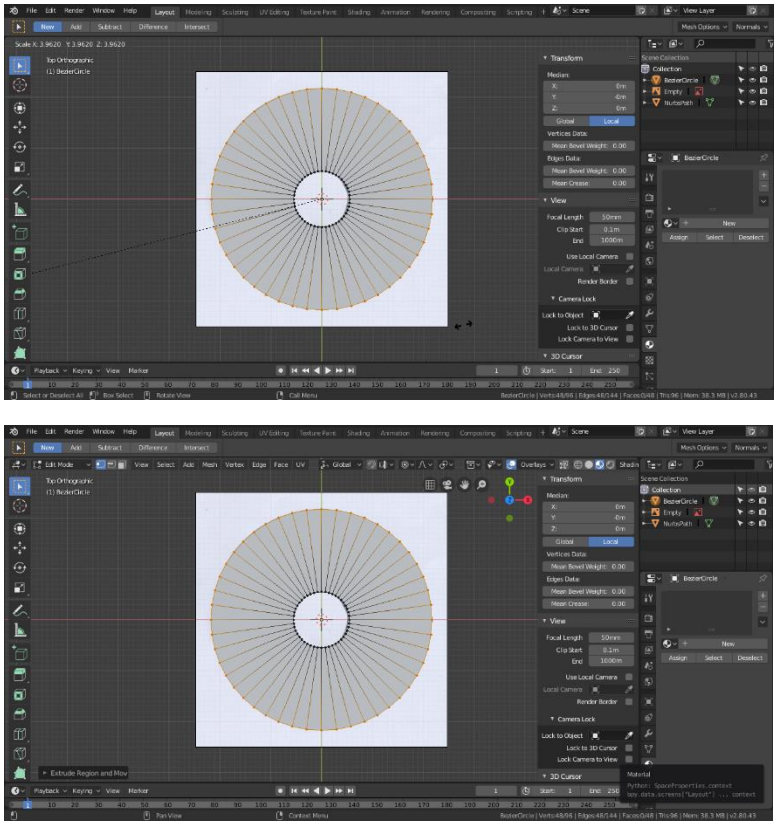
5. ทำการสร้างพื้นผิว

กด Object > Convert to > Mesh from Curve/Meta/Surf/Text จากนั้นเปลี่ยนจาก Object Mode เป็น Edit Mode



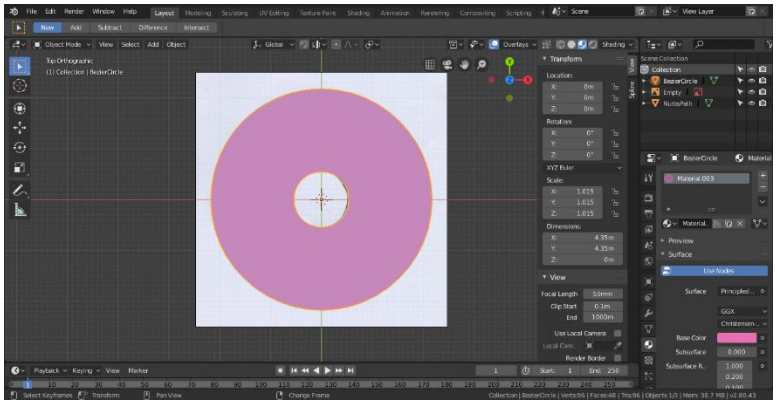
ภาพที่ 3-25 สร้างพื้นผิว

6. ทำการเพิ่มหน้าและปรับขนาดตามแบบชุดโดยกด E และ S



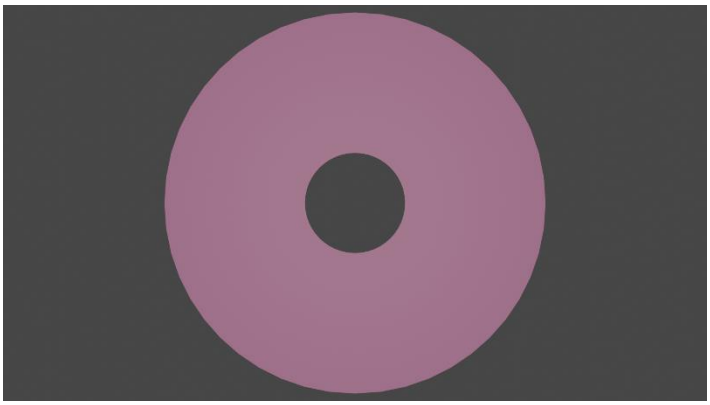
ภาพที่ 3-26 เพิ่มหน้าและปรับขนาดตามแบบชุด

7. ทำการใส่สี เลือกหน้า > Material



ภาพที่ 3-27 การใส่สี

8. กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

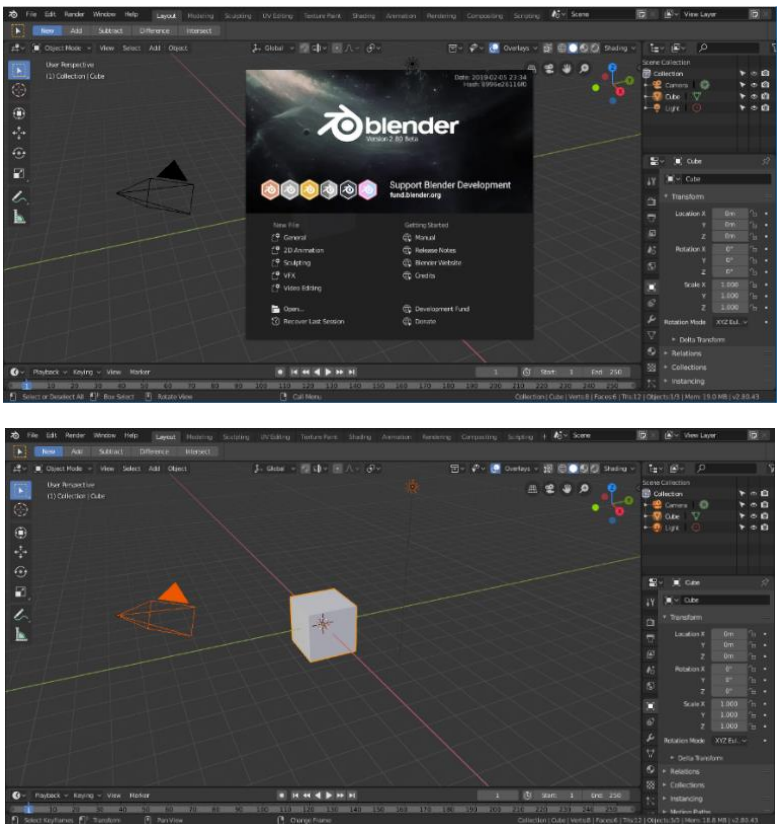


ภาพที่ 3–28 แบบกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบานทำการออกแบบจากโปรแกรมเบลนเดอร์

3.3 ขั้นตอนการตัดชุดในโปรแกรมเบลนเดอร์

3.3.1 ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

1. เปิดโปรแกรมเบลนเดอร์



ภาพที่ 3–29 โปรแกรมเบลนเดอร์

2. นำหุ่นเข้ามาโดย

File > Open > เลือกไปที่หุ่น > Open Blender File

ภาพที่ 3-30 หุ่น

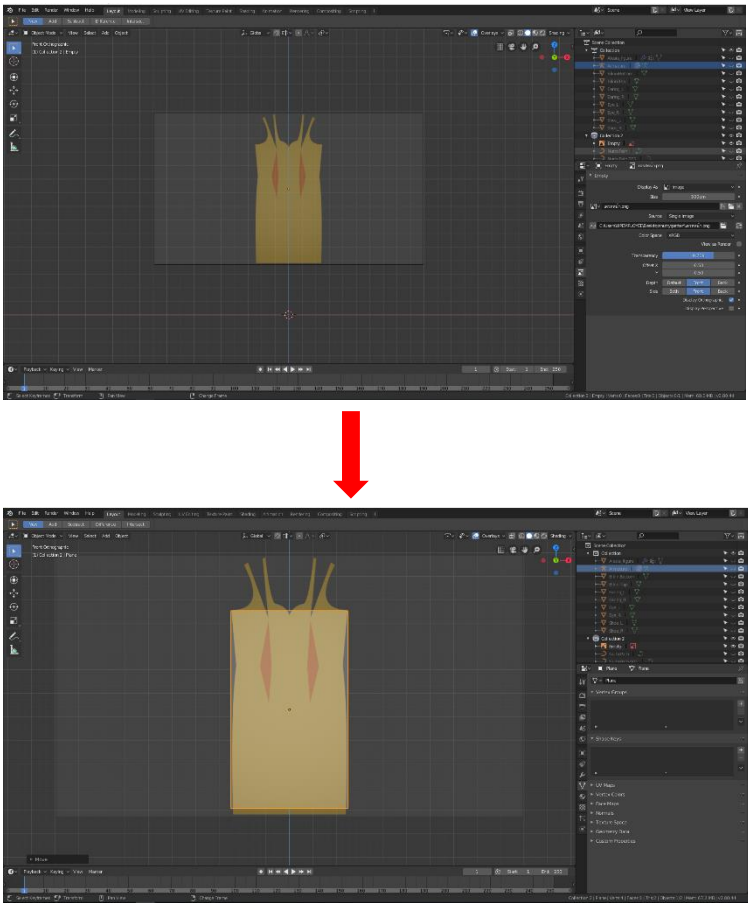
3. นำแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าที่ออกแบบไว้ ลงในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender)เพื่อทำการตัดโดย

กด Shift+A เลือก Add > Image > Background > เลือกรูปชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า จากนั้นกด Load Background Image

ภาพที่ 3-31 การนำแบบชุดลงในโปรแกรมเบลนเดอร์

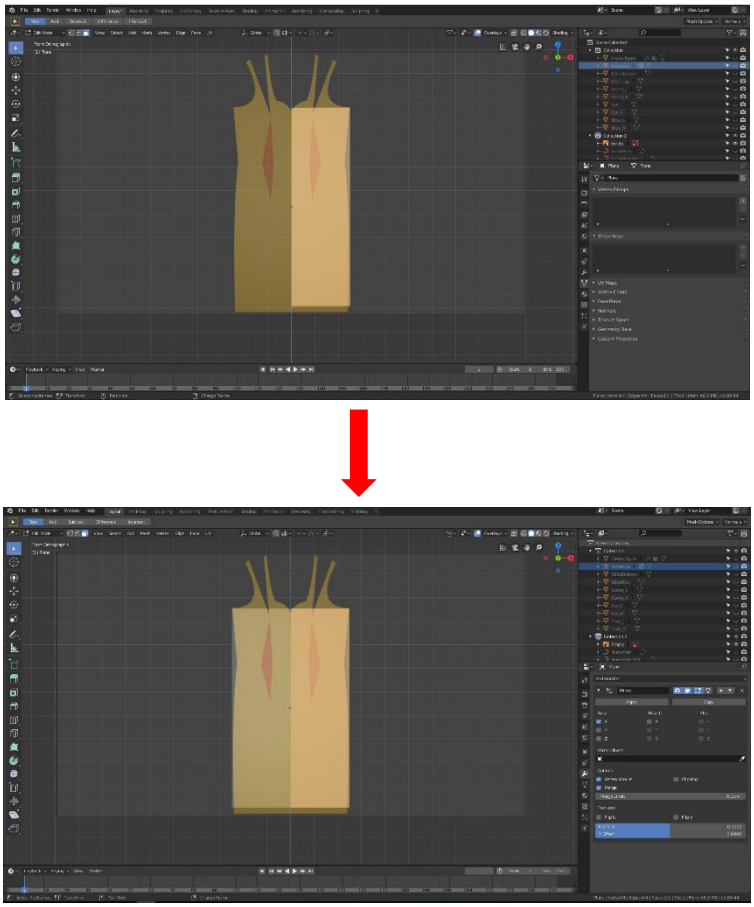
จากนั้นซ่อนวัตถุทุกวัตถุ ยกเว้นรูปชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าโดยการกด H แล้วเพิ่มระนาบขึ้น โดย

กด Shift+A เลือก Add > Mesh > Plane และจัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า



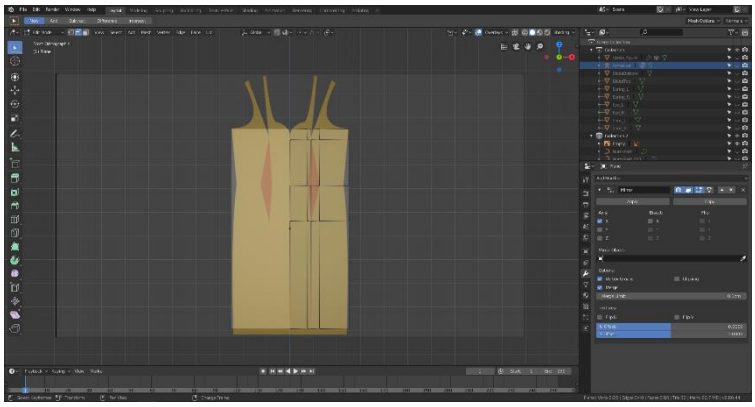
ภาพที่ 3-32 จัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

4. เลือกวัตถุ (Plane) เปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode สร้าง Loop Cut โดยกด Ctrl+R ในแนวแกน Z จากนั้นเลือกหน้าหนึ่งหน้าของวัตถุ (Plane) แล้วลบทิ้ง โดยกด X > Faces ต่อจากนั้นไปที่ Modifiers > Add Modifier > Mirror เพื่อทำการสะท้อนเนื่องจากรูปภาพมีความสมมาตร



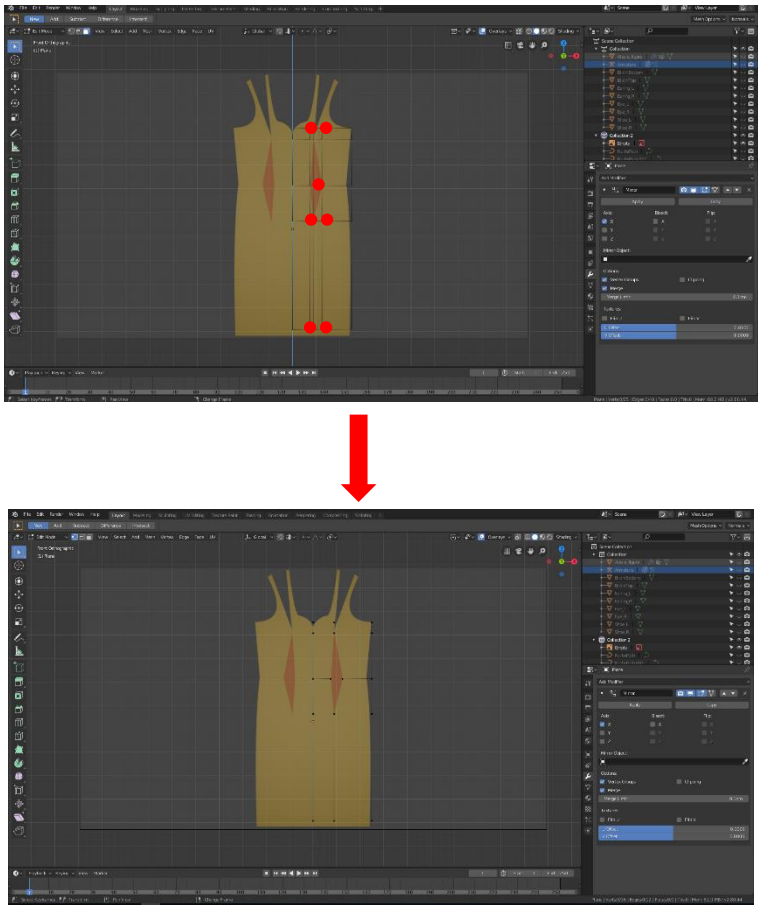
ภาพที่ 3-33 การสะท้อนชุด

5. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R จำนวน 6 เส้น ในแนวแกน Z 3 เส้น และแนวแกน X 3 เส้น เพื่อสร้างจุดตัดของครีบชุด



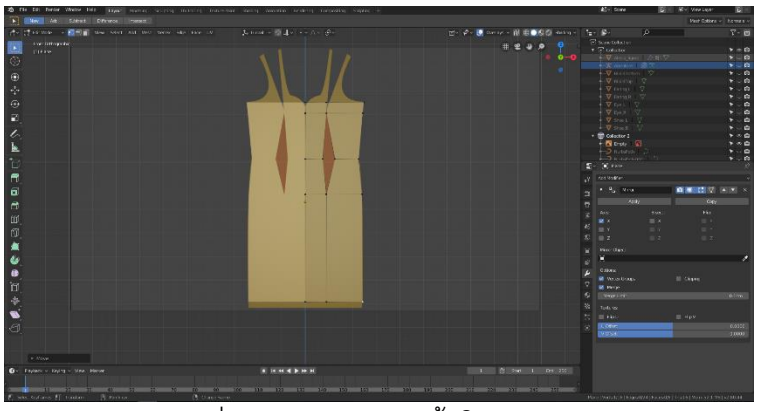
ภาพที่ 3-34 สร้าง Loop Cut

จากนั้นลบหน้าทั้งหมดทิ้งโดย เลือกวัตถุทั้งหมด > X > Only Faces และลบจุดที่ไม่เกี่ยวข้องโดยเลือกจุดที่ไม่เกี่ยวข้อง > X > Vertices



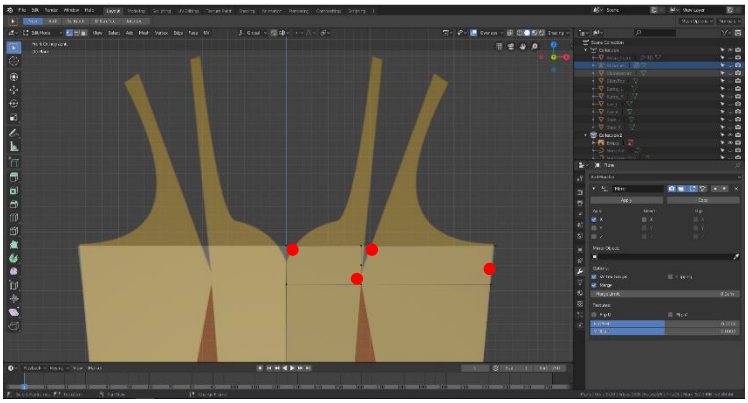
ภาพที่ 3-35 ลบหน้าและลบจุด

6. สร้างหน้าขึ้นใหม่โดยการเลือกจุด 4 จุดแล้วกด F



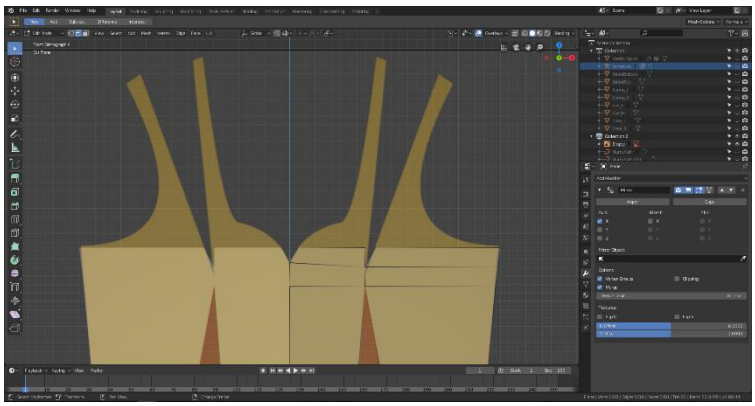
ภาพที่ 3-36 สร้างหน้าขึ้นใหม่

7. เพิ่มจุดใหม่ขึ้น 4 จุด



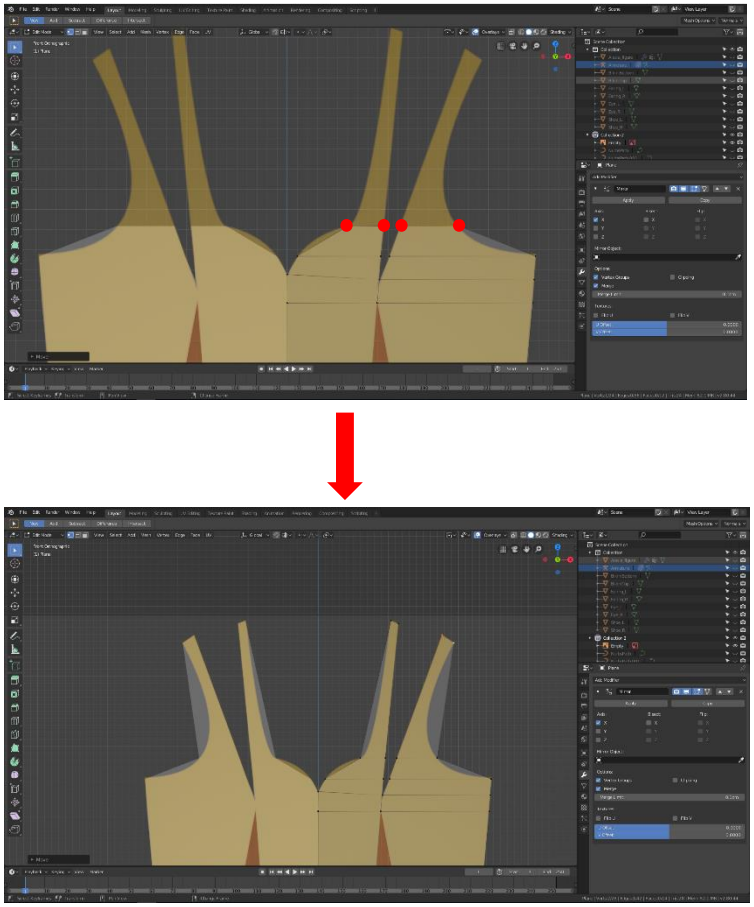
ภาพที่ 3-37 เพิ่มจุด

จากนั้นลบหน้าโดยเลือกหน้า > X > Only Faces และสร้างหน้าขึ้นมาใหม่โดยเลือกจุด 4 จุดและกด F พร้อมทั้งจัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า



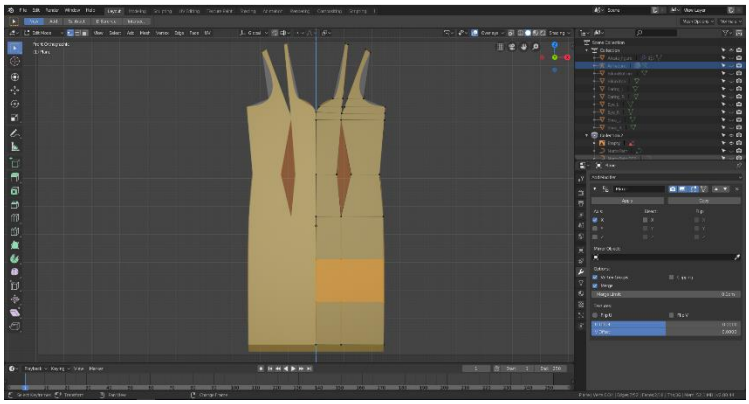
ภาพที่ 3-38 ลบหน้าและสร้างหน้าขึ้นมาใหม่

8. เลือกจุดบน 4 จุด แล้วเพิ่มหน้าขึ้น 2 ครั้งโดยการกด E และจัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า



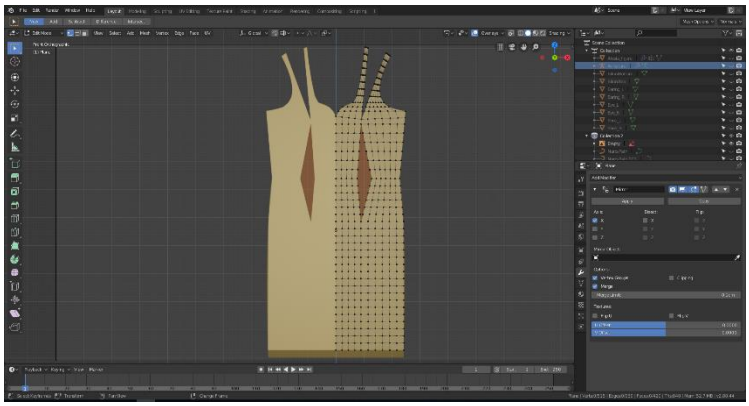
ภาพที่ 3-39 จัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

9. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R เพิ่มอีก 2 เส้น เพื่อให้แต่ละช่องมีขนาดใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 3-40 สร้าง Loop Cut เพิ่ม

10. ใช้ Subdivide โดยการคลิกเม้าท์ขวา > Subdivide แล้วสร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R เพื่อให้เป็นช่องหลักสำหรับการเย็บ

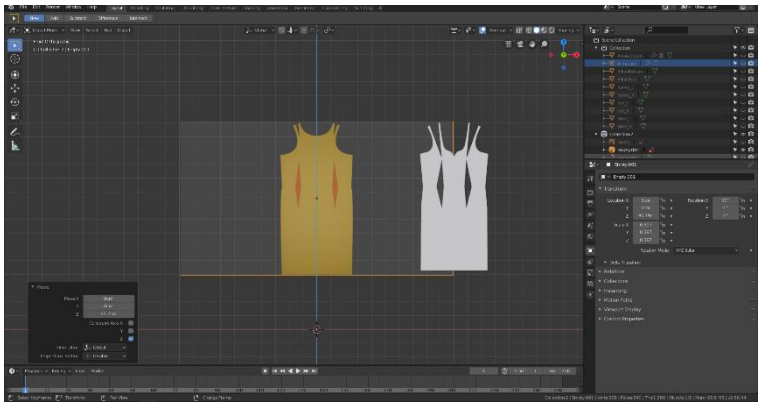


ภาพที่ 3-41 สร้างช่องหลักสำหรับการเย็บ

11. เปลี่ยนจาก Edit Mode เป็น Object Mode เลือกรูปแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า ทำการย้ายไปตามแนวแกน X โดยกด G+X+100

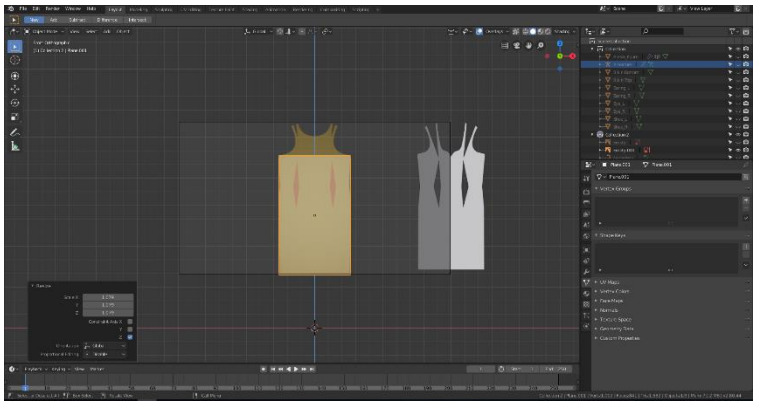
12. นำแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลังที่ออกแบบไว้ ลงในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender)เพื่อทำการตัดโดย

กด Shift+A เลือก Add > Image > Background > เลือกรูปชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง จากนั้นกด Load Background Image



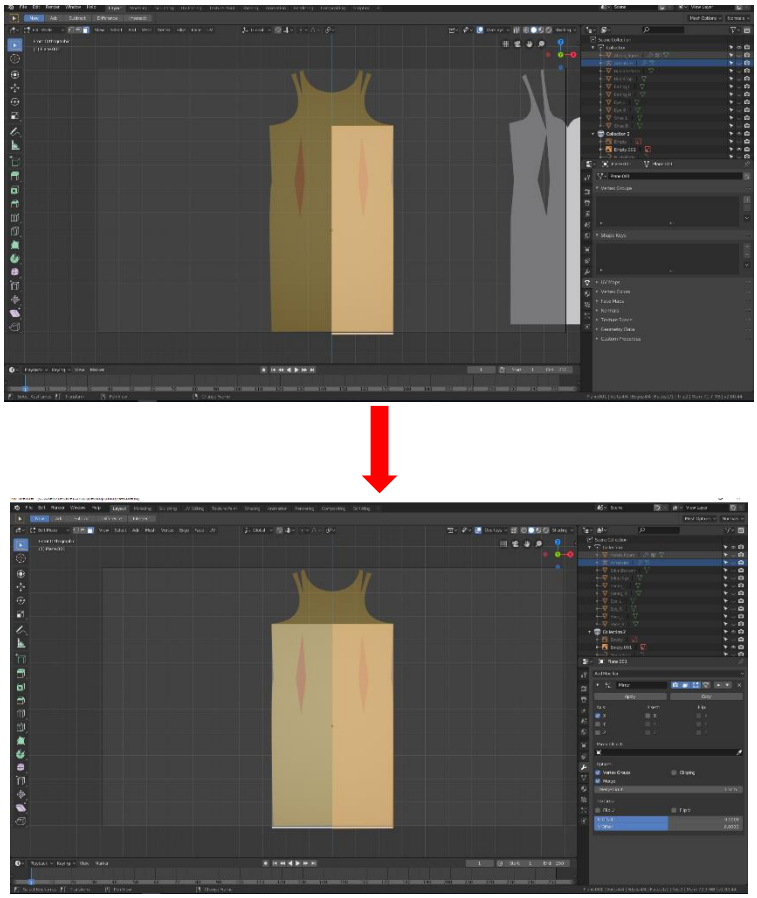
ภาพที่ 3-42 การตัดชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

จากนั้นทำการเพิ่มระนาบโดยกด Shift+A เลือก Add > Mesh > Plane และจัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า



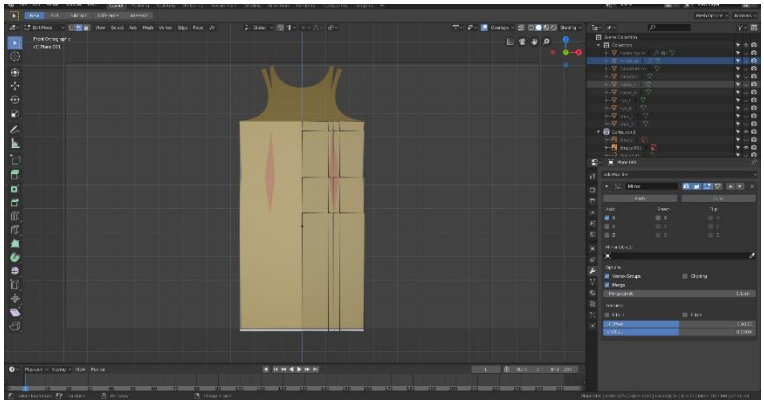
ภาพที่ 3–43 จัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

13. เลือกวัตถุ (Plane) เปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode สร้าง Loop Cut โดยกด Ctrl+R ในแนวแกน Z จากนั้นเลือกหน้าหนึ่งหน้าของวัตถุ (Plane) แล้วลบทิ้ง โดยกด X > Faces ต่อจากนั้นไปที่ Modifiers > Add Modifier > Mirror เพื่อทำการสะท้อนเนื่องจารูปภาพมีความสมมาตร



ภาพที่ 3-44 การสะท้อนชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

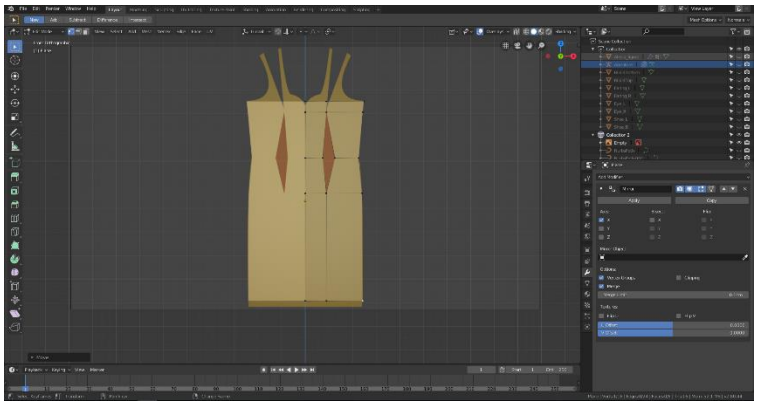
14. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R จำนวน 6 เส้น ในแนวแกน Z 3 เส้น และแนวแกน X 3 เส้น เพื่อสร้างจุดตัดของขริบชุด



ภาพที่ 3-45 สร้างจุดตัดของขริบชุด

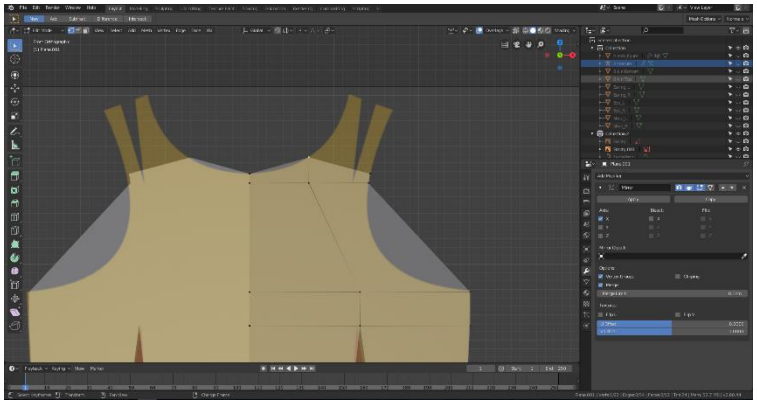
จากนั้นลบหน้าทั้งหมดทิ้งโดย เลือกวัตถุทั้งหมด > X > Only Faces และลบจุดที่ไม่เกี่ยวข้องโดยเลือกจุดที่ไม่เกี่ยวข้อง > X > Vertices

15. สร้างหน้าขึ้นใหม่โดยการเลือกจุด 4 จุดแล้วกด F



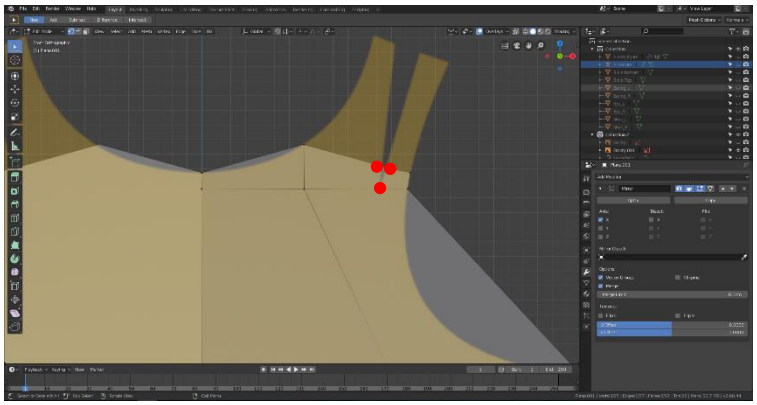
ภาพที่ 3-46 การสร้างหน้าขึ้นใหม่

16. เลือกจุดบน 3 จุด แล้วเพิ่มหน้าขึ้น 2 ครั้งโดยการกด E และจัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง



ภาพที่ 3-47 จัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

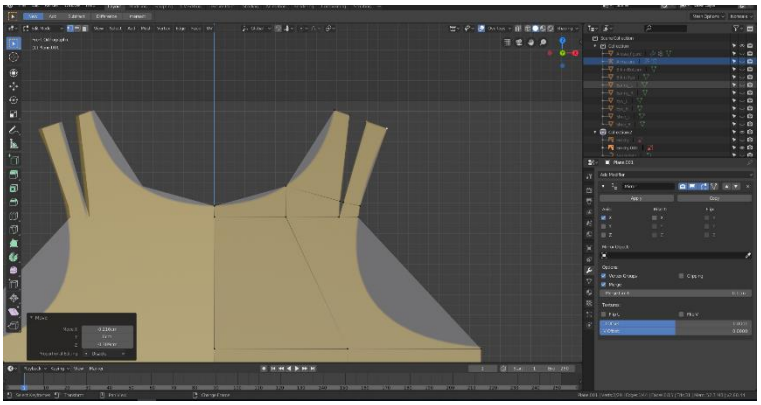
17. เพิ่มจุดใหม่ขึ้น 3 จุด



ภาพที่ 3-48 การเพิ่มจุด

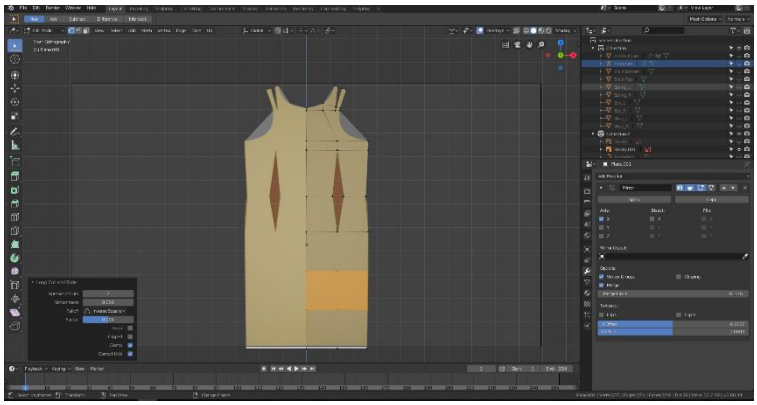
จากนั้นลบหน้าโดยเลือกหน้า > X > Only Faces และสร้างหน้าขึ้นมาใหม่โดยเลือกจุด 4 จุดและกด F พร้อมทั้งจัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

18. เลือกจุดบน 3 จุด แล้วเพิ่มหน้าขึ้น 2 ครั้งโดยการกด E และจัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง



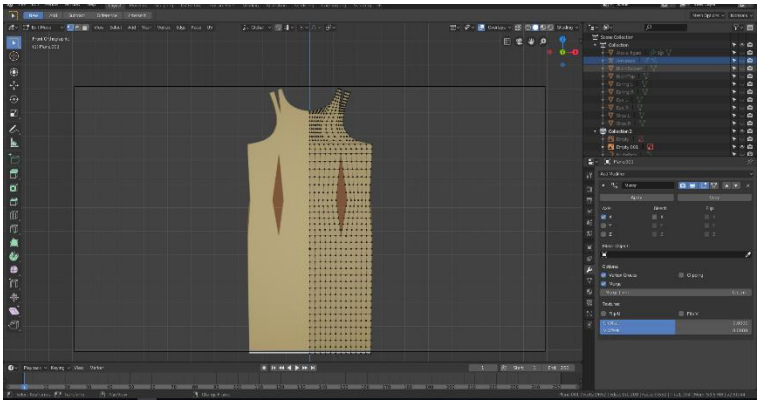
ภาพที่ 3-49 จัดจุดให้ตรงกับแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

19. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R เพิ่มอีก 2 เส้น เพื่อให้แต่ละช่องมีขนาดใกล้เคียงกัน



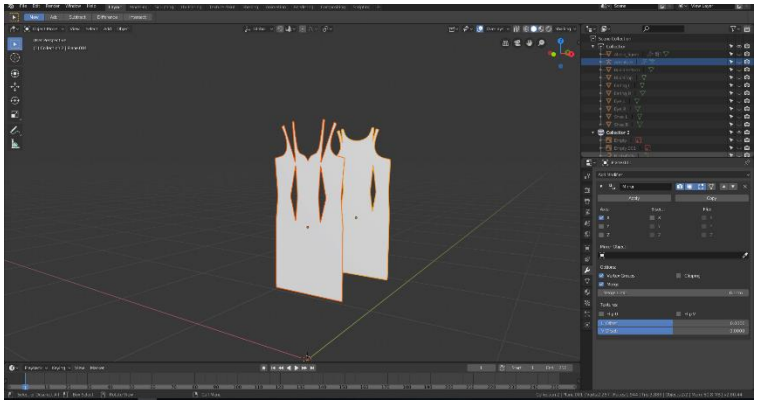
ภาพที่ 3-50 สร้าง Loop Cut

20. ใช้ Subdivide โดยการคลิกเม้าท์ขวา > Subdivide แล้วสร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R เพื่อให้เป็นช่องหลักสำหรับการเย็บ



ภาพที่ 3-51 สร้างช่องหลักสำหรับการเย็บ

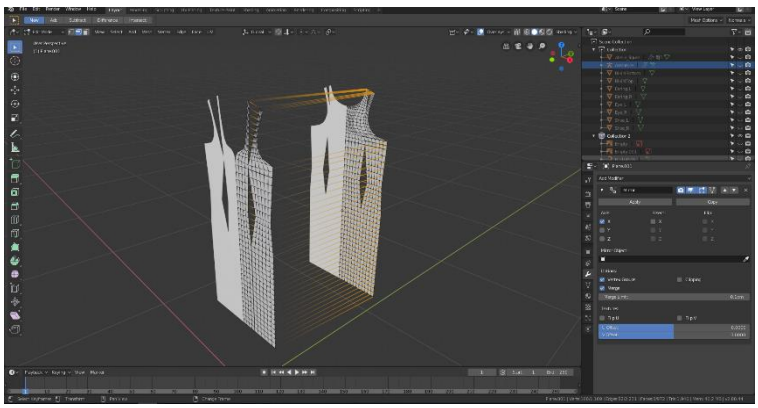
21. เปลี่ยนจาก Edit Mode เป็น Object Mode เลือกรูปแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า ทำการย้ายไปตามแนวแกน X โดยกด G+X+(-100) เพื่อย้ายรูปแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้ากลับมาที่เดิม



ภาพที่ 3-52 ย้ายรูปแบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้ากลับมาที่เดิม

22. เลือกวัตถุทั้ง 2 วัตถุ นั่นคือชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าและชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง จากนั้นทำการรวมให้เป็นวัตถุชิ้นเดียวกันโดยกด Ctrl+J

23. เลือกวัตถุ (ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ) เปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode เลือกจุดทั้งหมดของวัตถุ > คลิกเม้าท์ขวา > Remove Double Vertices เพื่อทำการรวมจุดที่อยู่ใกล้กันให้เป็นจุดเดียวกันและทำการเย็บชุดโดยการเลือกจุด 2 จุด แล้วกด F เพื่อทำการเชื่อมเป็นเส้นด้าย



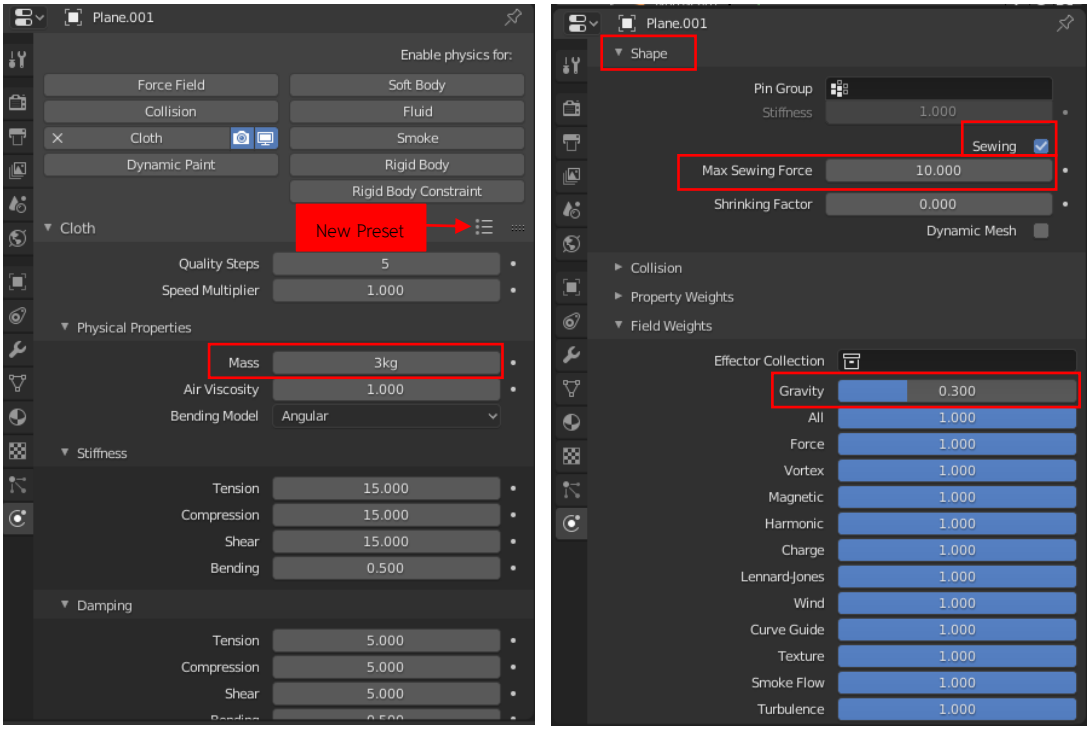
ภาพที่ 3-53 การเชื่อมเป็นเส้นด้าย

24. เปลี่ยน Edit Mode เป็น Object Mode นำหุ่นออกมาโดยการกด Alt+H เลือกที่หุ่นแล้วกด Physics > Collision จากนั้นเลือกชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ แล้วกด Physics > Cloth > New Preset Cotton

> Mass 3 Kg

> Shape จากนั้นทำเครื่องหมายถูกที่ Sewing และ Max Swing Force 10

> Field weights Grarity 0.3



ภาพที่ 3-54 การตั้งค่าชุด

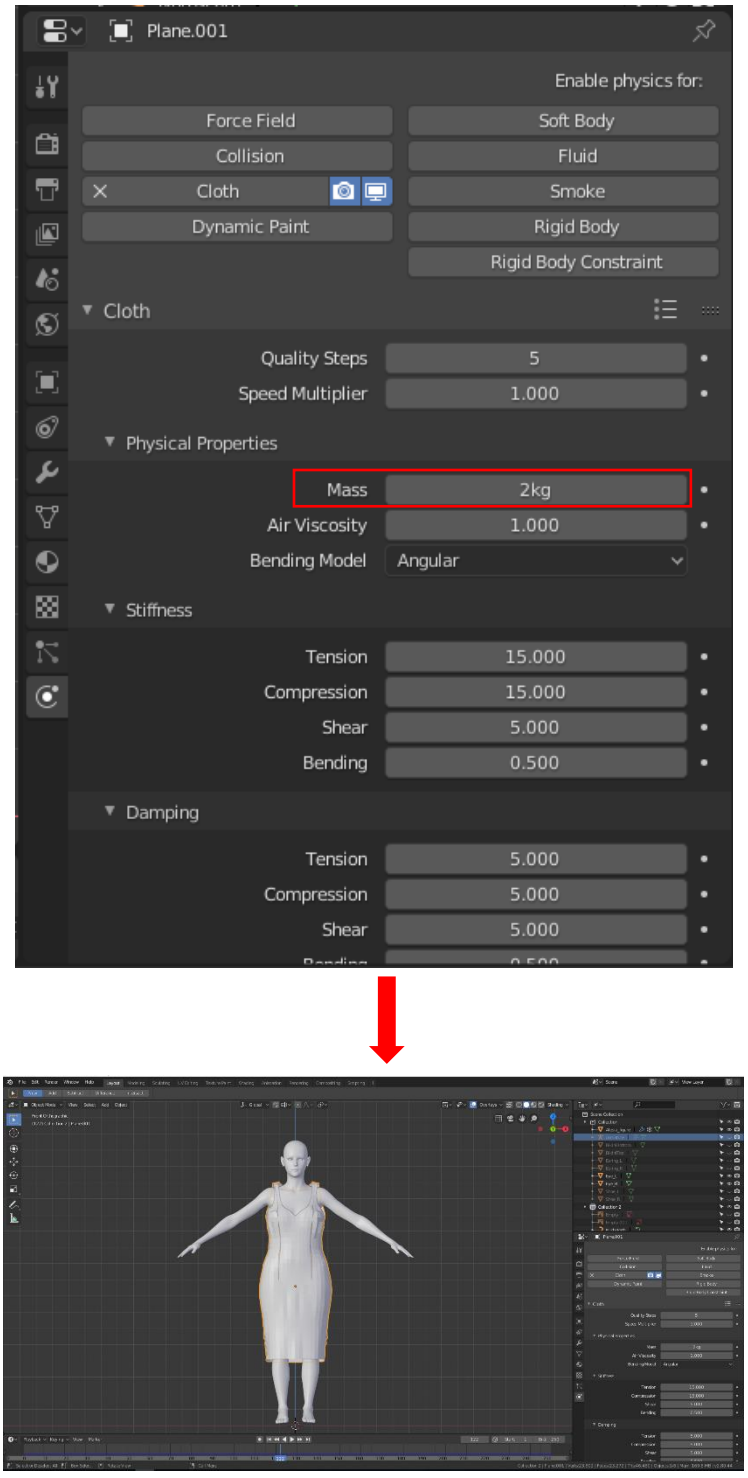
25. กด เพื่อทำการเล่น เมื่อได้ชุดที่ต้องการแล้ว กด เพื่อทำการหยุดเล่น

ภาพที่ 3-55 การปรับแต่งชุด

จากนั้นกด Modifiers > Apply ของ Mirror และ Cloth

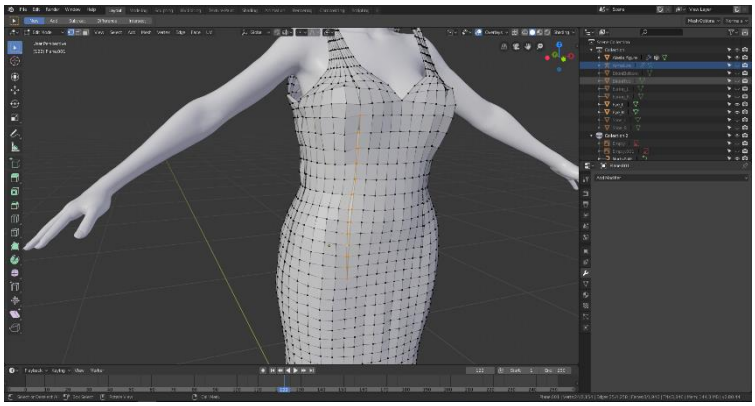
ภาพที่ 3-56 การ Apply

26. เลือกชุดแล้วกด Physics > Cloth > Mass เพื่อทำให้ชุดมีความสวยงามขึ้น



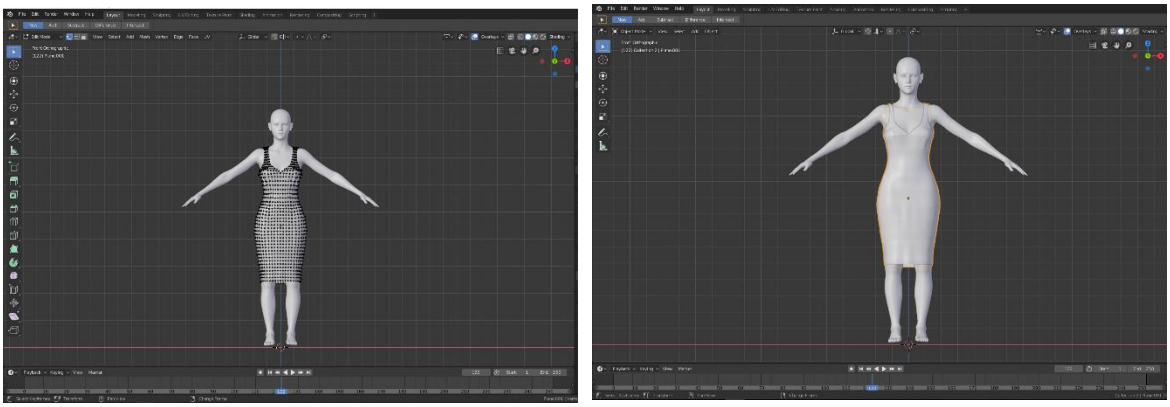
ภาพที่ 3-57 การปรับชุดมีความสวยงามขึ้น

27. เลือกวัตถุชุดเดรสกระโปรงทรงสอบเปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode ทำการเพิ่มหน้าของวัตถุที่ขาดหายไปโดยการเลือกจุด Alt+กดจุด > F



ภาพที่ 3-58 การเพิ่มหน้าของวัตถุที่ขาดหายไป

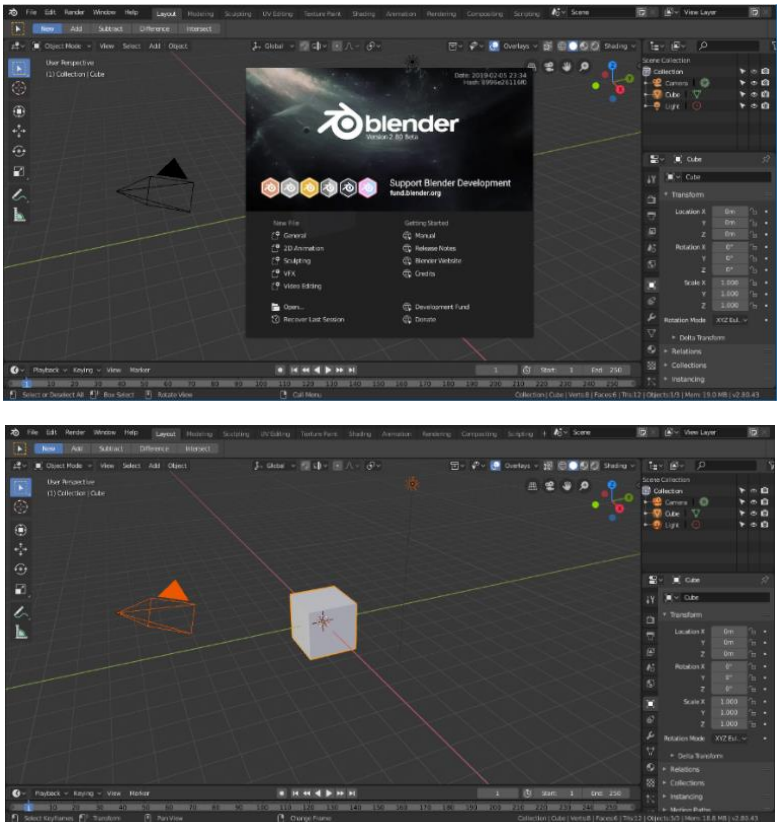
28. ทำการจัดจุดเพื่อทำให้จุดเกิดความสวยงาม



ภาพที่ 3-59 การจัดจุดเพื่อทำให้จุดเกิดความสวยงาม

3.3.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

1. เปิดโปรแกรมเบลนเดอร์



ภาพที่ 3-60 โปรแกรมเบลนเดอร์

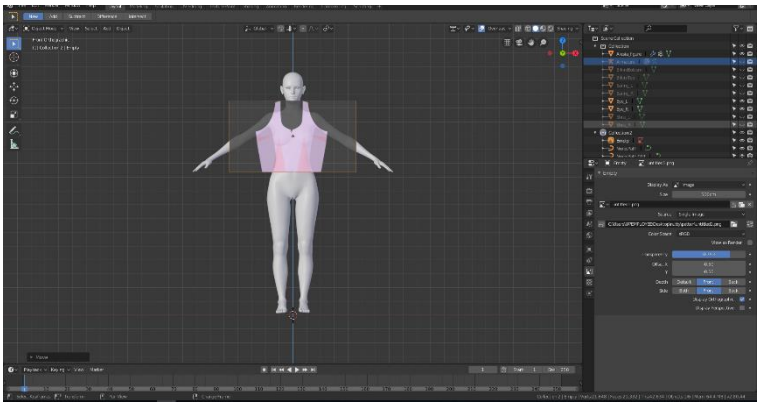
2. นำหุ่นเข้ามาโดย

File > Open > เลือกไปที่หุ่น > Open Blender File

ภาพที่ 3-61 หุ่น

3. นำแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบานที่ออกแบบไว้ ลงในโปรแกรมเบลนเดอร์เพื่อทำการตัดโดย

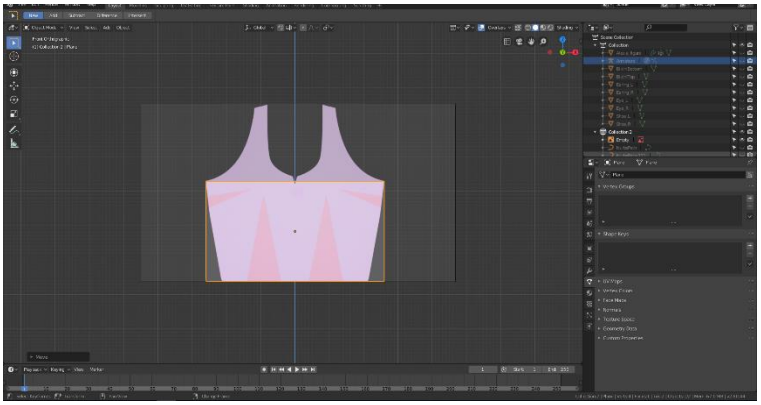
กด Shift+A เลือก Add > Image > Background > เลือกเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน จากนั้นกด Load Background Image



ภาพที่ 3-62 การนำแบบชุดลงในโปรแกรมเบลนเดอร์

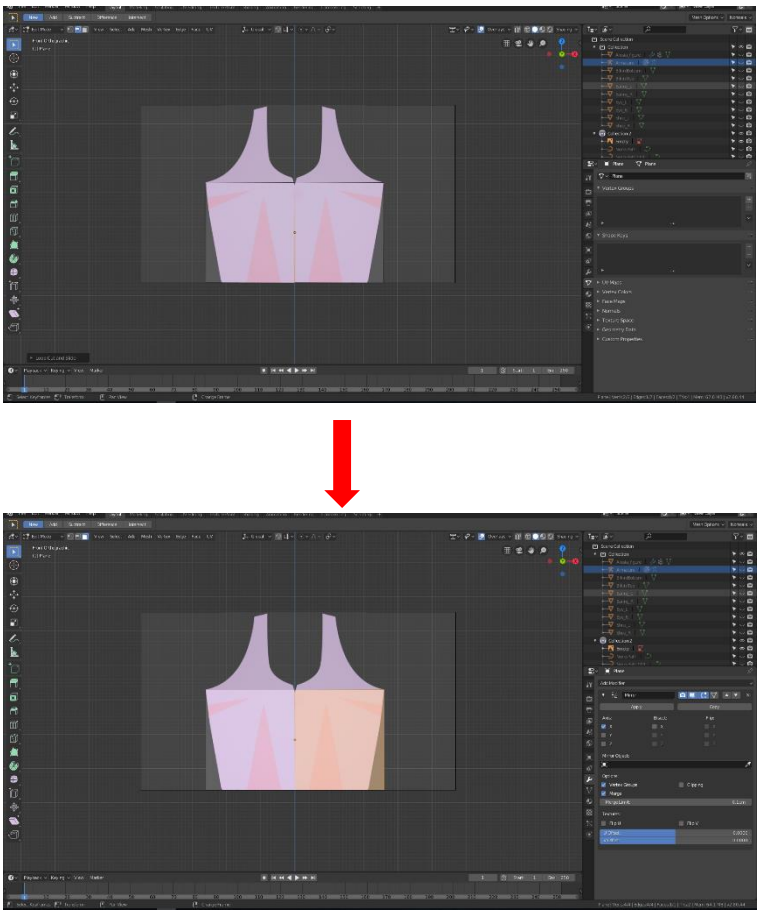
จากนั้นซ่อนวัตถุทุกวัตถุ ยกเว้นรูปเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน โดยการกด H แล้วเพิ่มระนาบขึ้น โดย

กด Shift+A เลือก Add > Mesh > Plane และจัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



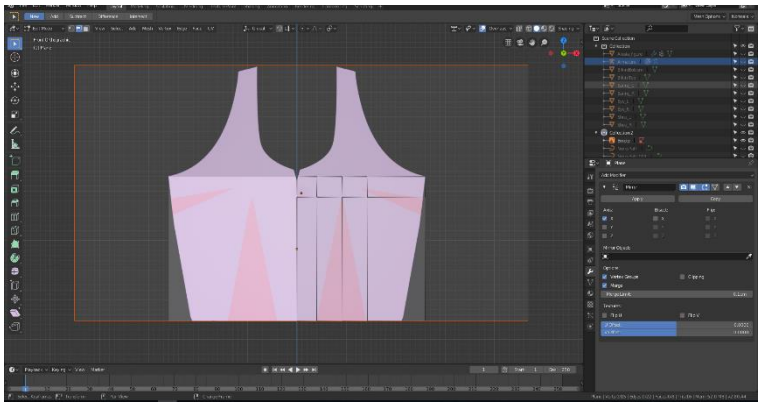
ภาพที่ 3-63 จัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

4. เลือกวัตถุ (Plane) เปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode สร้าง Loop Cut โดยกด Ctrl+R ในแนวแกน Z จากนั้นเลือกหน้าหนึ่งหน้าของวัตถุ (Plane) แล้วลบทิ้งโดยกด X > Faces ต่อจากนั้นไปที่ Modifiers > Add Modifier > Mirror เพื่อทำการสะท้อนเนื่องจากรูปภาพมีความสมมาตร



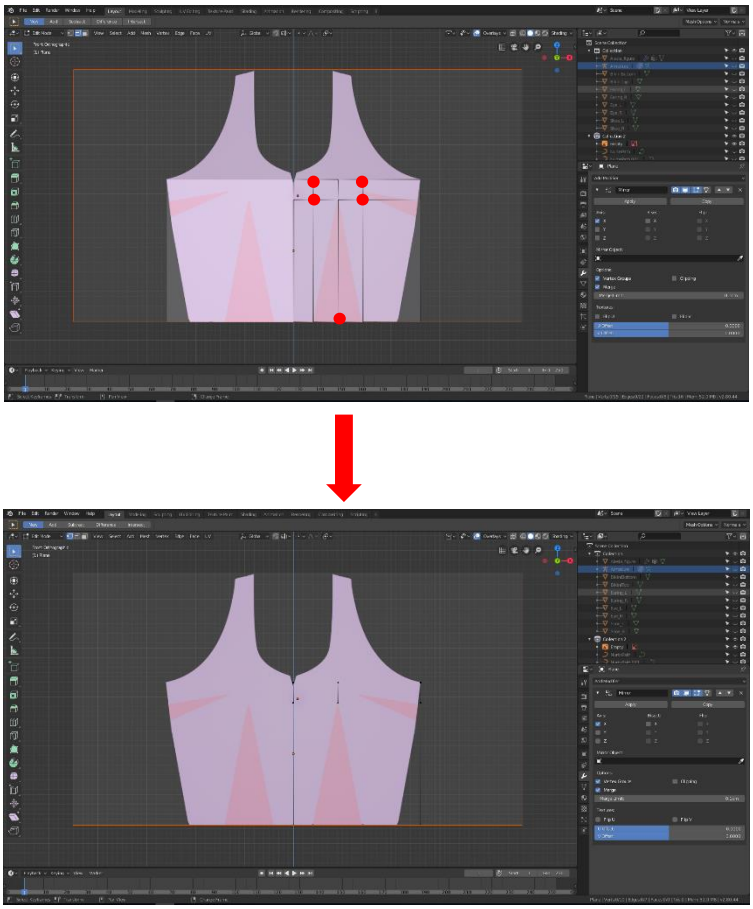
ภาพที่ 3-64 การสะท้อนเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

5. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R จำนวน 4 เส้น ในแนวแกน Z 3 เส้น และแนวแกน X 1 เส้น เพื่อสร้างจุดตัดของครีบชุด



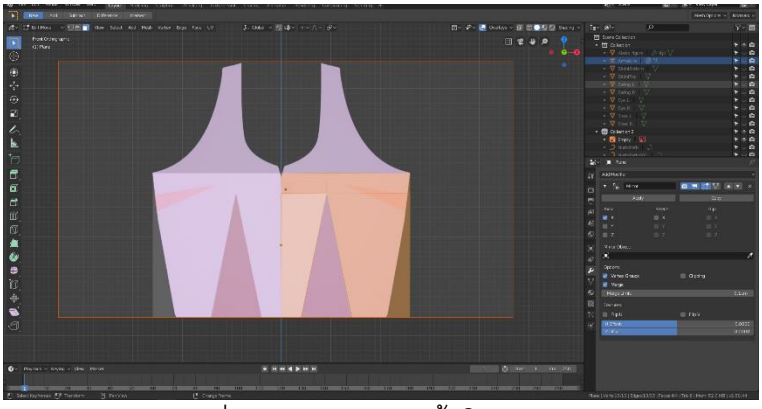
ภาพที่ 3-65 สร้าง Loop Cut

จากนั้นลบหน้าทั้งหมดทิ้งโดย เลือกวัตถุทั้งหมด > X > Only Faces และลบจุดที่ไม่เกี่ยวข้องโดยเลือกจุดที่ไม่เกี่ยวข้อง > X > Vertices



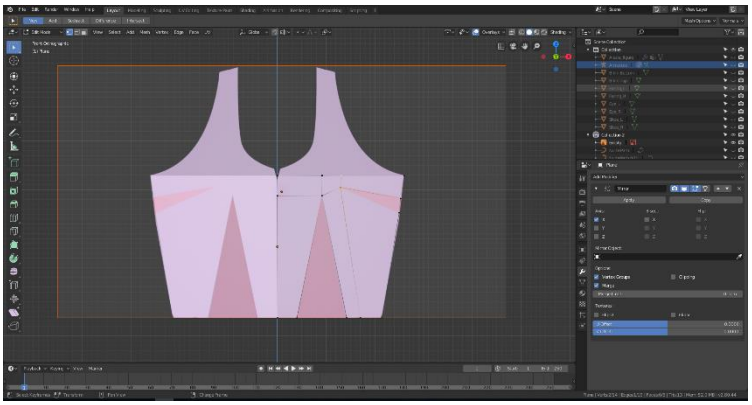
ภาพที่ 3-66 การลบหน้าและลบจุด

6. สร้างหน้าขึ้นใหม่โดยการเลือกจุด 4 จุดแล้วกด F



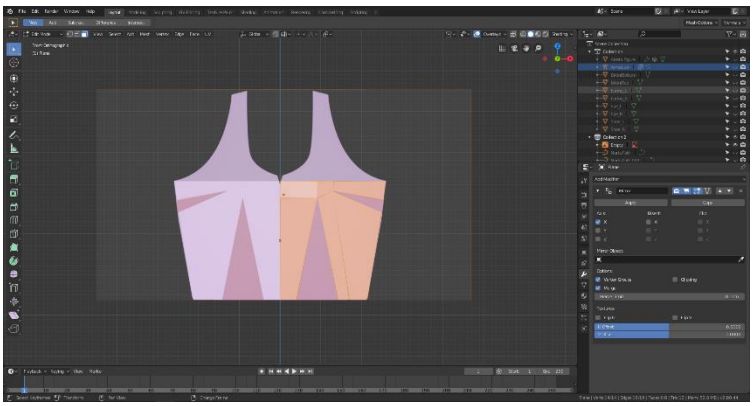
ภาพที่ 3-67 สร้างหน้าขึ้นใหม่

7. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+Rจำนวน 1 เส้นและเพิ่มจุดใหม่ขึ้น 1 จุด



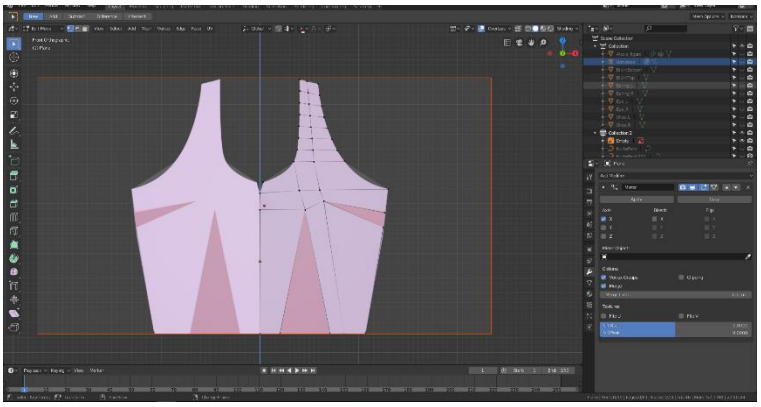
ภาพที่ 3-68 การเพิ่มจุด

จากนั้นลบหน้าโดยเลือกหน้า > X > Only Faces และสร้างหน้าขึ้นมาใหม่โดยเลือกจุด 4 จุดและกด F พร้อมทั้งจัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



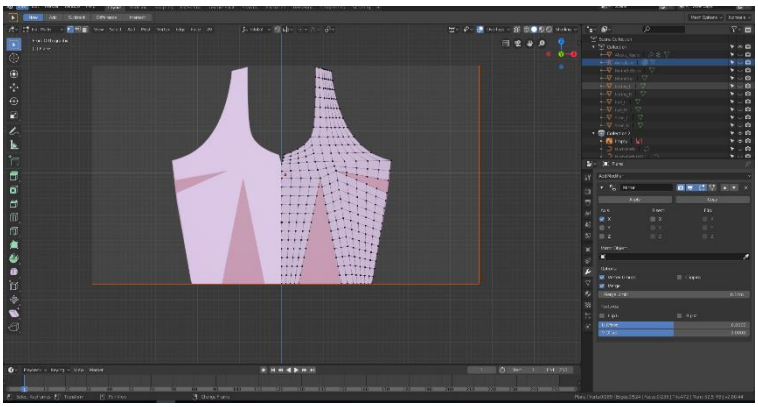
ภาพที่ 3-69 ลบหน้าและสร้างหน้าขึ้นมาใหม่

8. เลือกจุดบน 3 จุด แล้วเพิ่มหน้าขึ้น โดยการกด E และสร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R ในแนวแกน X แล้วทำการจัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



ภาพที่ 3-70 จัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

9. ใช้ Subdivide โดยการคลิกเม้าท์ขวา > Subdivide แล้วสร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R เพื่อให้เป็นช่องหลักสำหรับการเย็บ

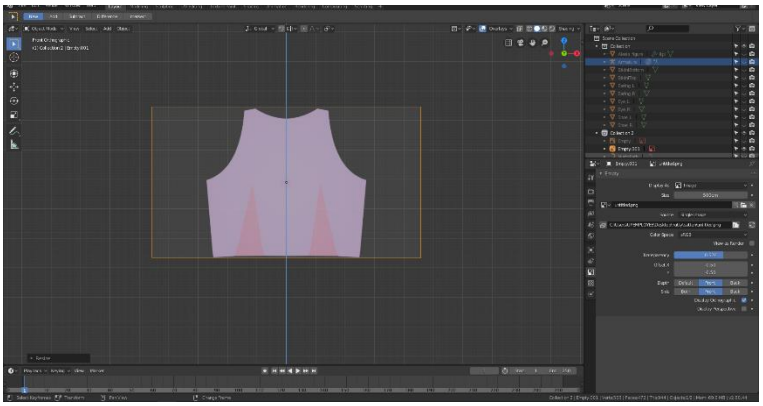


ภาพที่ 3-71 สร้างช่องหลักสำหรับการเย็บ

10. เปลี่ยนจาก Edit Mode เป็น Object Mode เลือกรูปแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน ทำการย้ายไปตามแนวแกน X โดยกด G+X+100

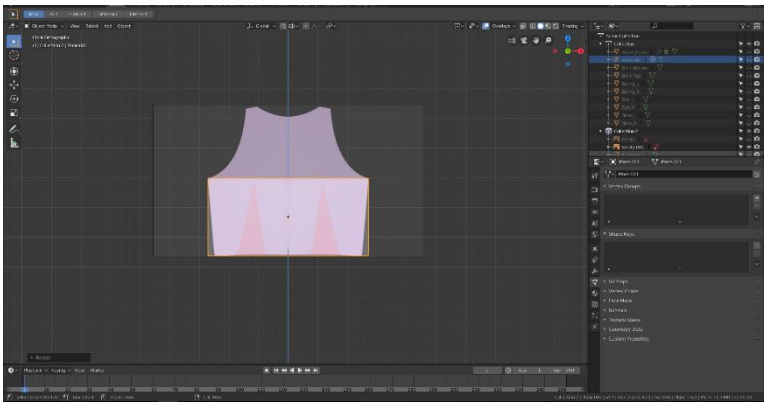
11. นำแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบานที่ออกแบบไว้ ลงในโปรแกรมเบลนเดอร์เพื่อทำการตัดโดย

กด Shift+A เลือก Add > Image > Background > เลือกรูปเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบานจากนั้นกด Load Background Image



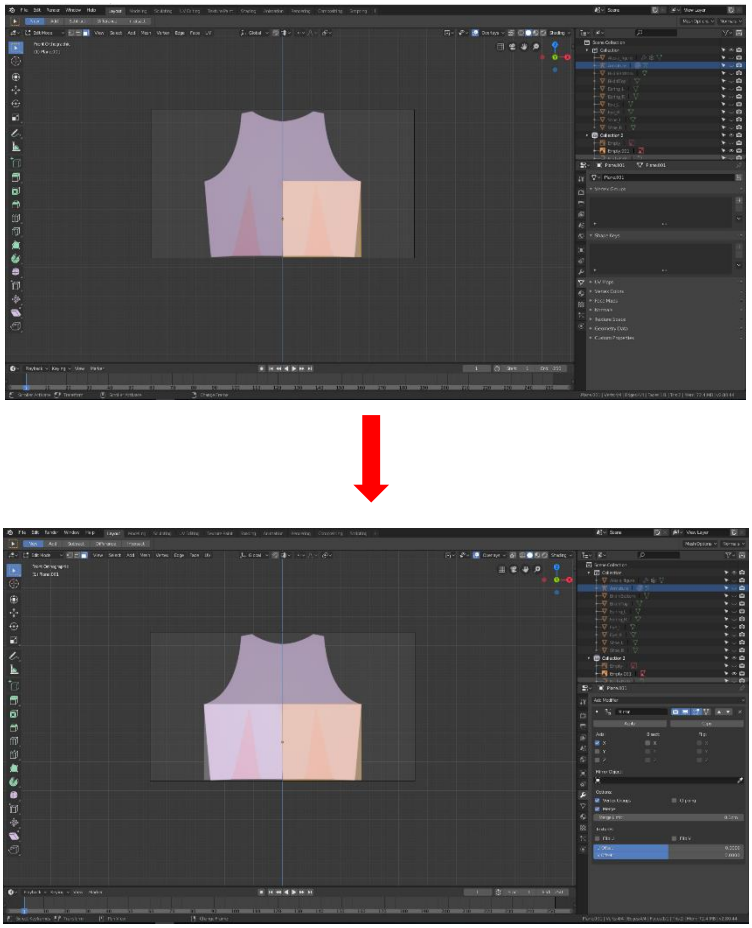
ภาพที่ 3-72 การตัดเสื้อของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

จากนั้นทำการเพิ่มระนาบโดยกด Shift+A เลือก Add > Mesh > Plane และจัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



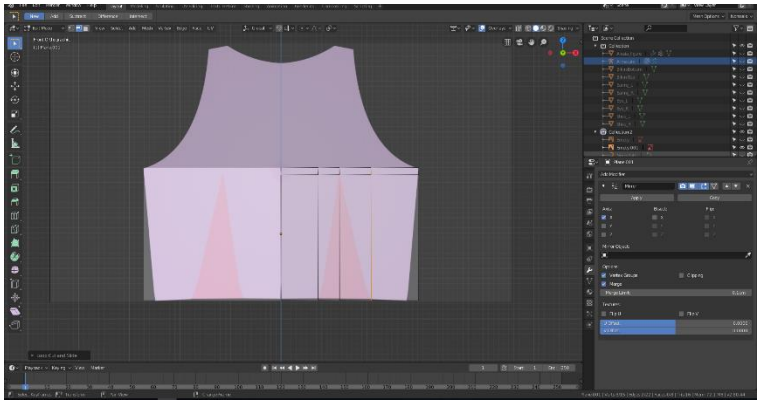
ภาพที่ 3-73 จัดวัตถุ (Plane) ให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

12. เลือกวัตถุ (Plane) เปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode สร้าง Loop Cut โดยกด Ctrl+R ในแนวแกน Z จากนั้นเลือกหน้าหนึ่งหน้าของวัตถุ (Plane) แล้วลบทิ้ง โดยกด X > Faces ต่อจากนั้นไปที่ Modifiers > Add Modifier > Mirror เพื่อทำการสะท้อนเนื่องจารูปภาพมีความสมมาตร



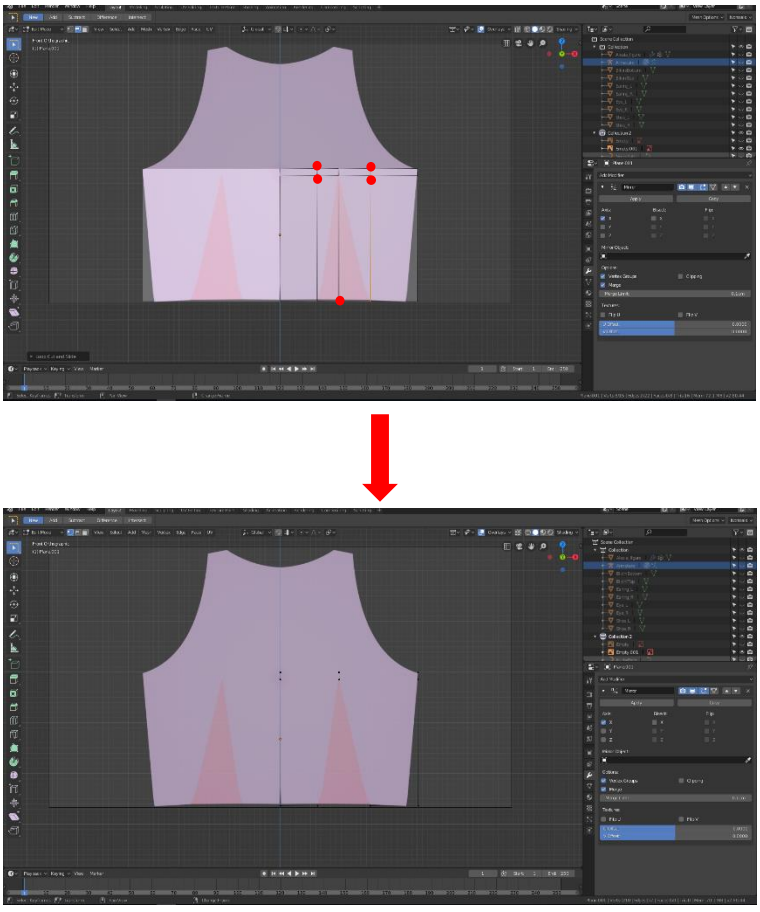
ภาพที่ 3-74 การสะท้อนเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

13. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R จำนวน 4 เส้น ในแนวแกน Z 3 เส้น และแนวแกน X 1 เส้น เพื่อสร้างจุดตัดของขริบชุด



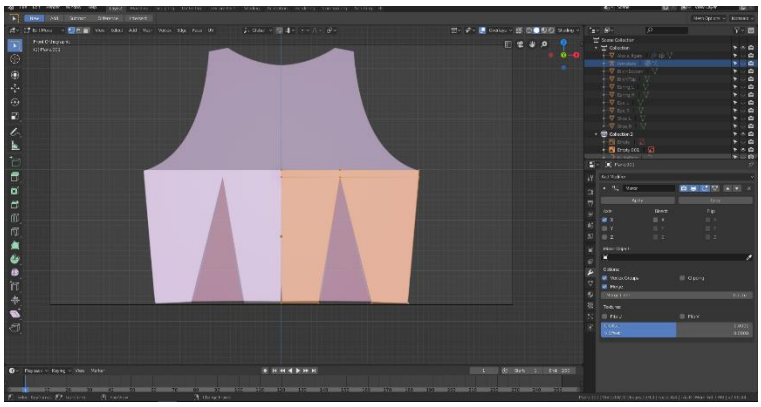
ภาพที่ 3-75 การสร้างจุดตัดของขริบชุด

จากนั้นลบหน้าทั้งหมดทิ้งโดย เลือกวัตถุทั้งหมด > X > Only Faces และลบจุดที่ไม่เกี่ยวข้องโดยเลือกจุดที่ไม่เกี่ยวข้อง > X > Vertices



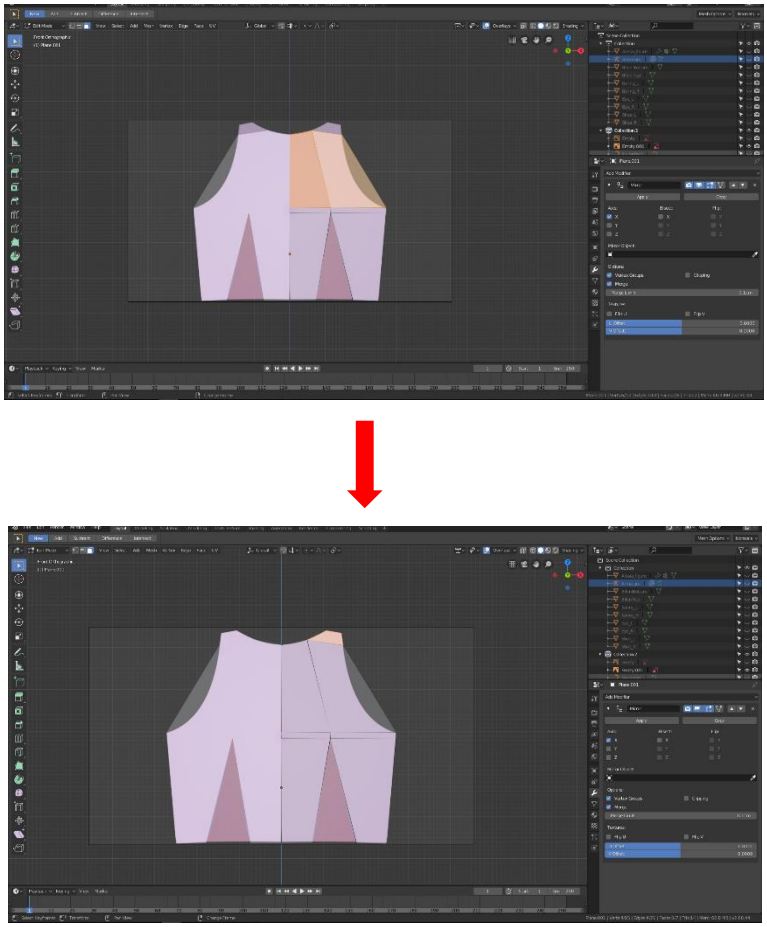
ภาพที่ 3-76 การลบหน้าและลบจุด

14. สร้างหน้าขึ้นใหม่โดยการเลือกจุด 4 จุดแล้วกด F



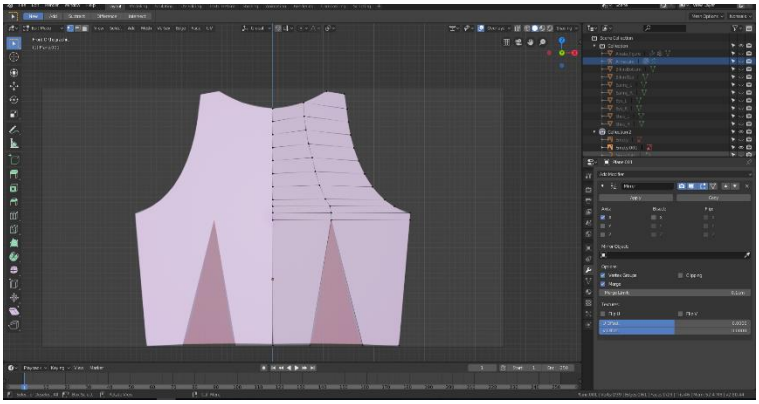
ภาพที่ 3-77 การสร้างหน้าขึ้นใหม่

15. เลือกจุดบน 3 จุด แล้วเพิ่มหน้าขึ้น 2 ครั้งโดยการกด E 2 ครั้งและจัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



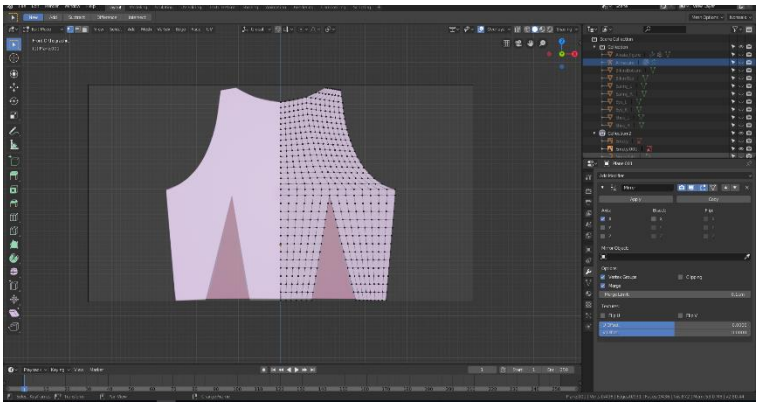
ภาพที่ 3-78 การจัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

16. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R ในแนวแกน X และจัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



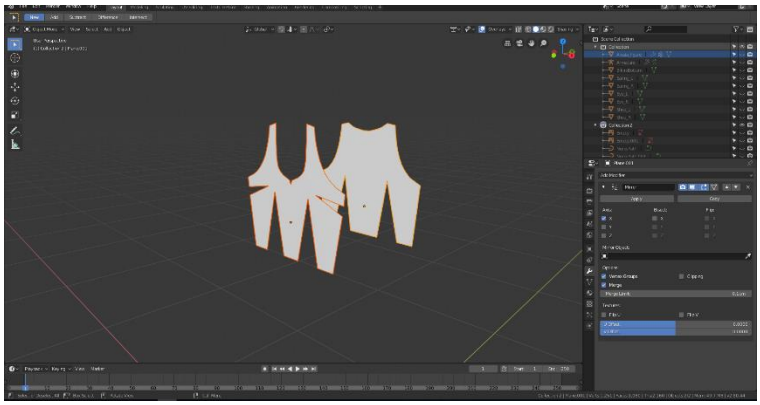
ภาพที่ 3-79 จัดจุดให้ตรงกับแบบเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

17. ใช้ Subdivide โดยการคลิกเม้าท์ขวา > Subdivide แล้วสร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R เพื่อให้เป็นช่องหลักสำหรับการเย็บ



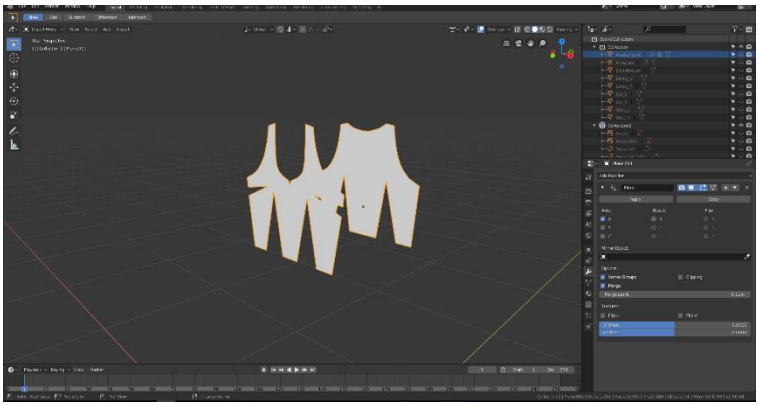
ภาพที่ 3-80 การสร้างช่องหลักสำหรับการเย็บ

18. เปลี่ยนจาก Edit Mode เป็น Object Mode เลือกรูปแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน ทำการย้ายไปตามแนวแกน X โดยกด G+X+(-100) เพื่อย้ายรูปแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบานกลับมาที่เดิม



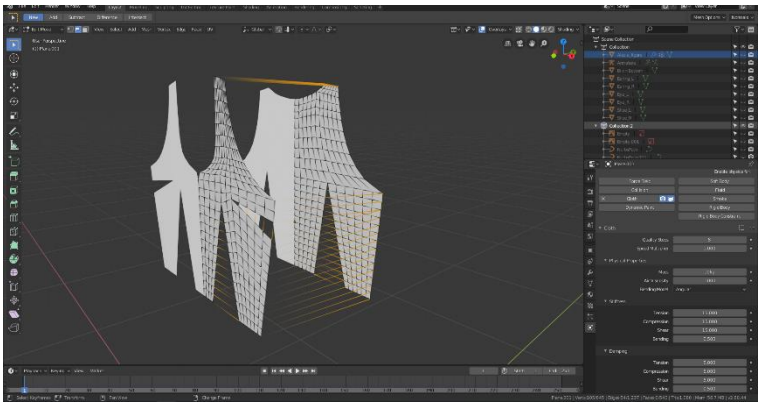
ภาพที่ 3-81 การย้ายรูปแบบเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบานกลับมาที่เดิม

19. เลือกวัตถุทั้ง 2 วัตถุ นั่นคือเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบานและเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบานจากนั้นทำการรวมให้เป็นวัตถุชิ้นเดียวกันโดยกด Ctrl+J



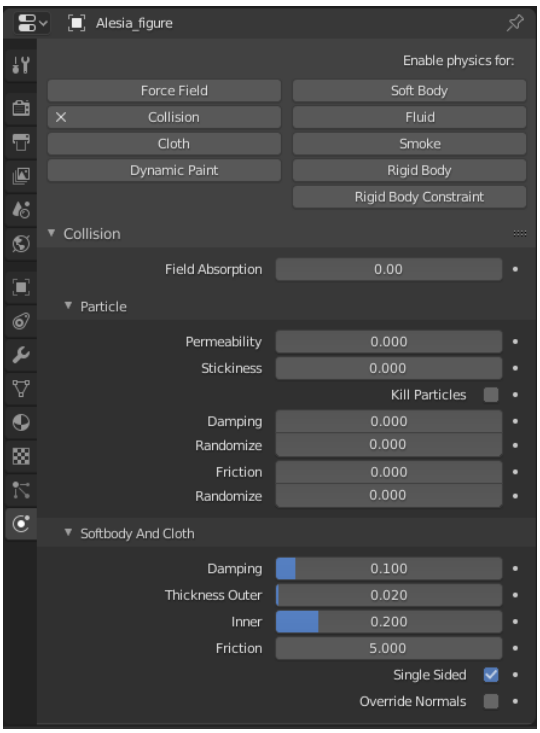
ภาพที่ 3-82 การรวมวัตถุทั้ง 2 วัตถุ

20. เลือกวัตถุ (เสื้อของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน) เปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode เลือกจุดทั้งหมดของวัตถุ > คลิกเม้าท์ขวา > Remove Double Vertices เพื่อทำการรวมจุดที่อยู่ใกล้กันให้เป็นจุดเดียวกันและทำการเย็บชุดโดยการเลือกจุด 2 จุด แล้วกด F เพื่อทำการเชื่อมเป็นเส้นด้าย



ภาพที่ 3-83 การเชื่อมเป็นเส้นด้าย

21. เปลี่ยน Edit Mode เป็น Object Mode นำหุ่นออกมาโดยการกด Alt+H เลือกที่หุ่นแล้วกด Physics > Collision



ภาพที่ 3-84 การตั้งค่าแบบชุด

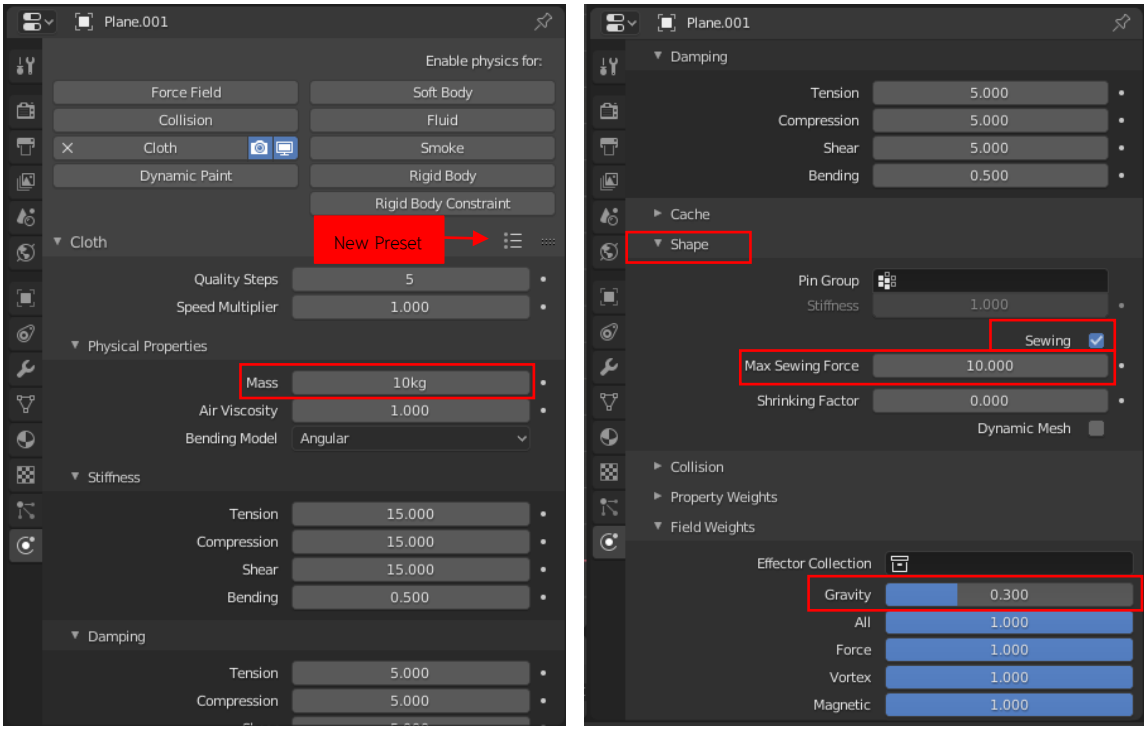
จากนั้นเลือกชุดเดรสกระโปรงทรงบาน แล้วกด

Physics > Cloth > New Preset Cotton

> Mass 10 Kg

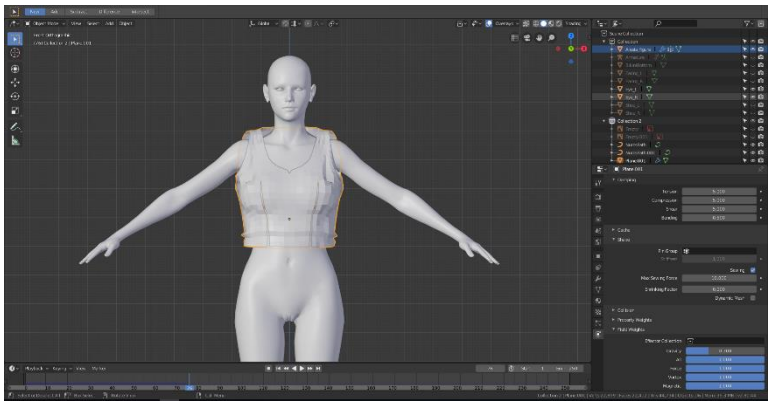
> Shape จากนั้นทำเครื่องหมายถูกที่ Sewing และ Max Swing Force 10

> Field weights Grarity 0.3



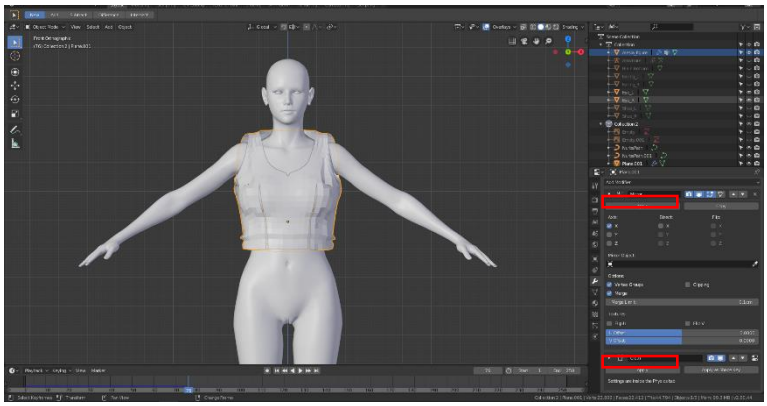
ภาพที่ 3-85 การตั้งค่าชุด

22. กด เพื่อทำการเล่น เมื่อได้ชุดที่ต้องการแล้ว กด เพื่อทำการหยุดเล่น



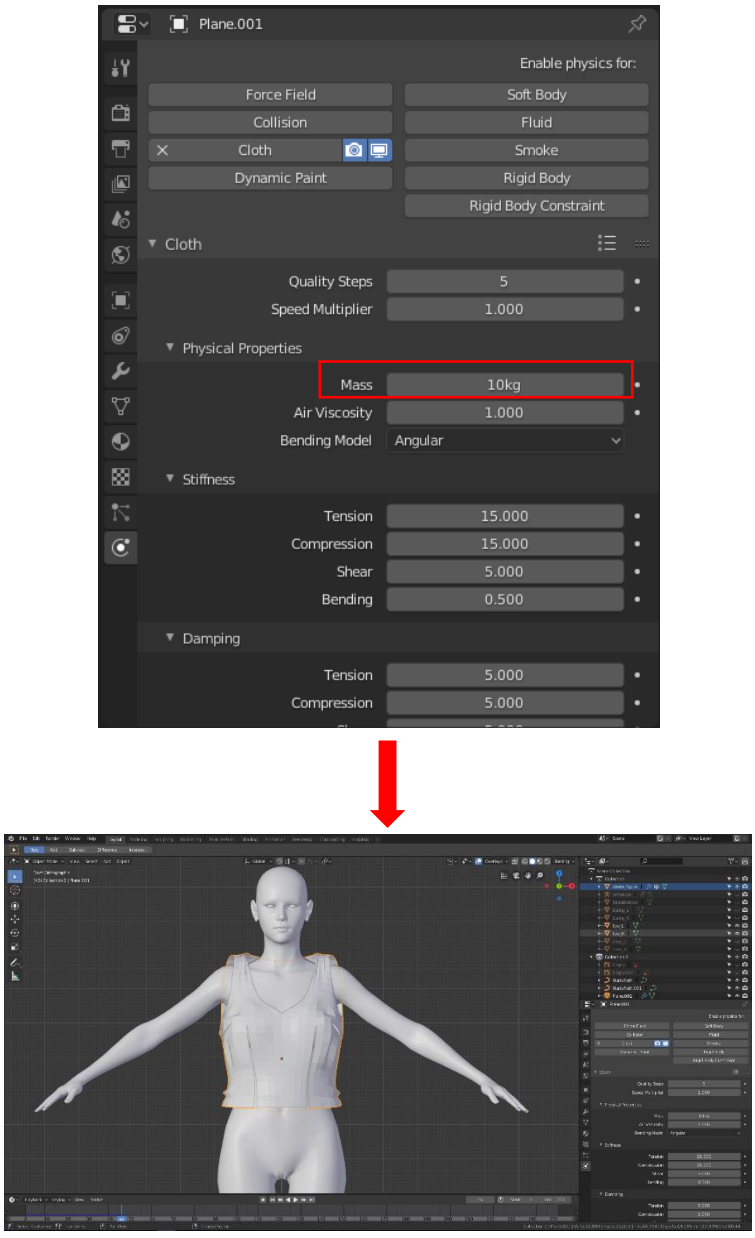
ภาพที่ 3-86 การปรับแต่งเสื้อ

จากนั้นกด Modifiers > Apply ของ Mirror และ Cloth



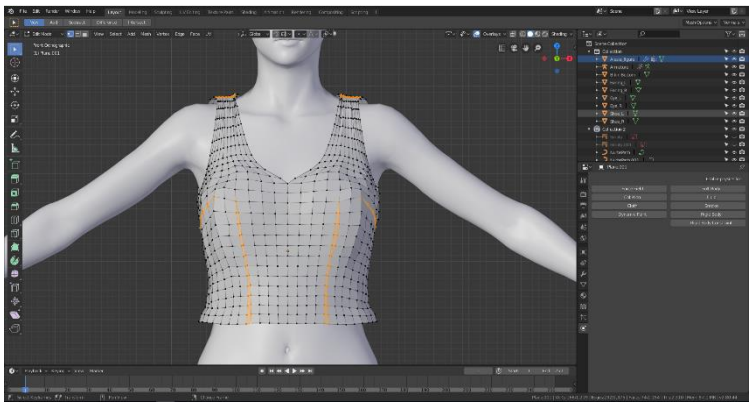
ภาพที่ 3-87 การ Apply

23. เลือกเสื้อของชุดเดรสกระโปรงทรงบานแล้วกด Physics > Cloth > Mass เพื่อทำให้ชุดมีความสวยงามขึ้น



ภาพที่ 3-88 การชุดมีความสวยงามขึ้น

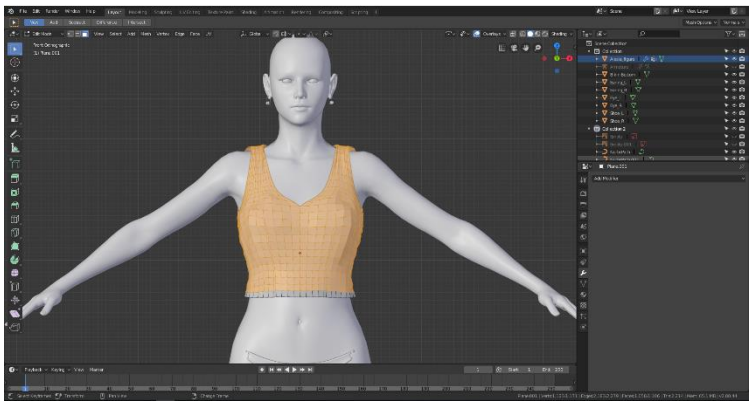
24. เลือกวัตถุเสื้อของชุดเดรสกระโปรงทรงบานเปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode ทำการเพิ่มหน้าของวัตถุที่ขาดหายไปโดยการเลือกจุด Alt+กดจุด > F

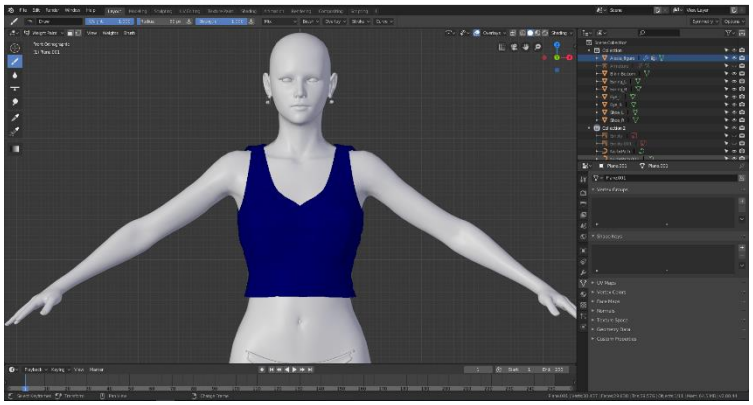


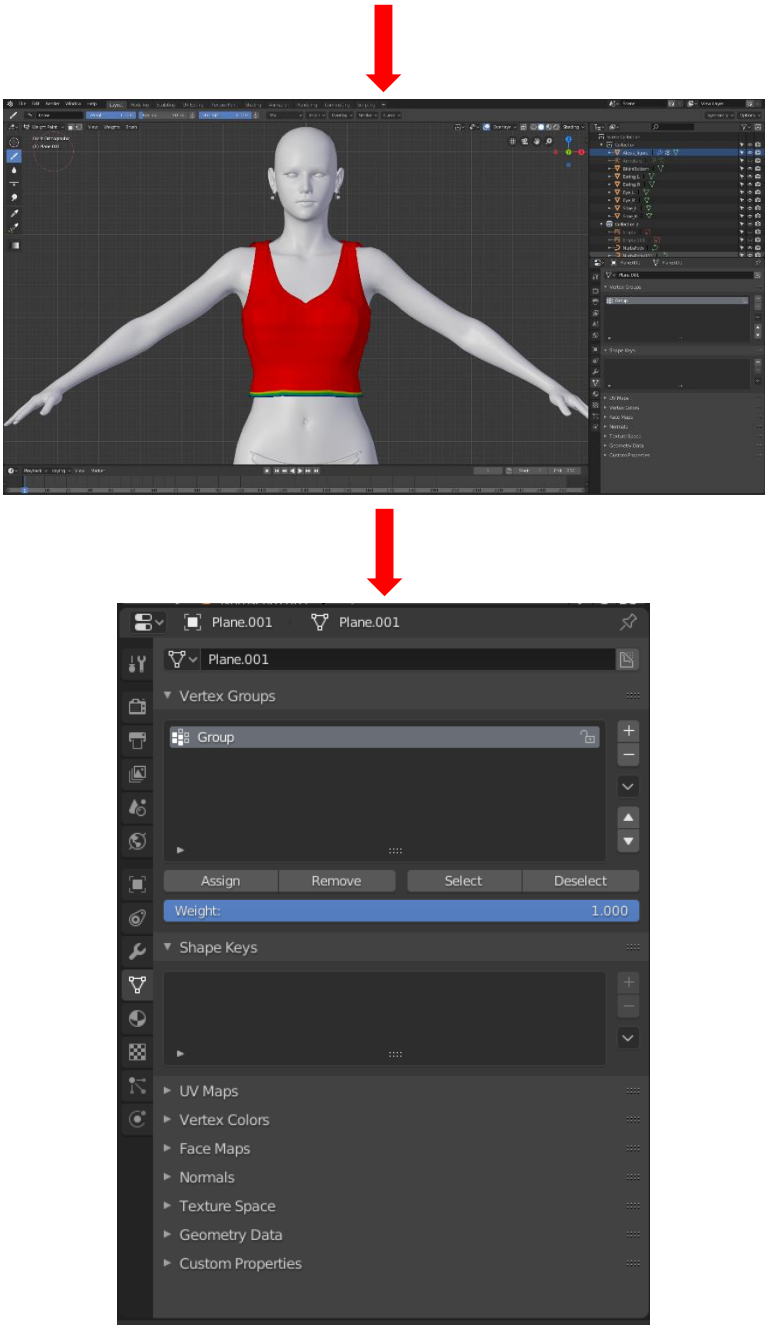
ภาพที่ 3-89 การเพิ่มหน้าของวัตถุที่ขาดหายไป

25. ทำการจัดจุดเพื่อทำให้จุดเกิดความสวยงาม

26. เลือกหน้าของวัตถุโดยเว้นแถวสุดท้ายไว้ จากนั้นกด Object Pata > Vertex Group > + > **Group** (ชื่อที่ตั้งขึ้น)

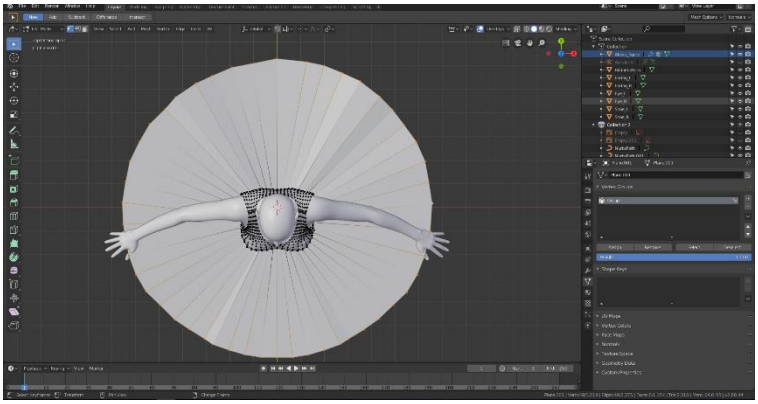






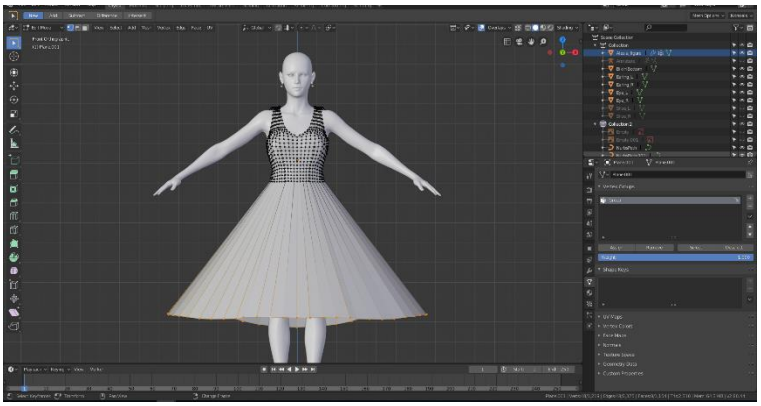
ภาพที่ 3-90 การตั้งค่าก่อนการเชื่อมกระโปรง

27. ทำกระโปรง โดยเลือกขอบล่าสุดของตัวเสื้อ จากนั้นกด E+S



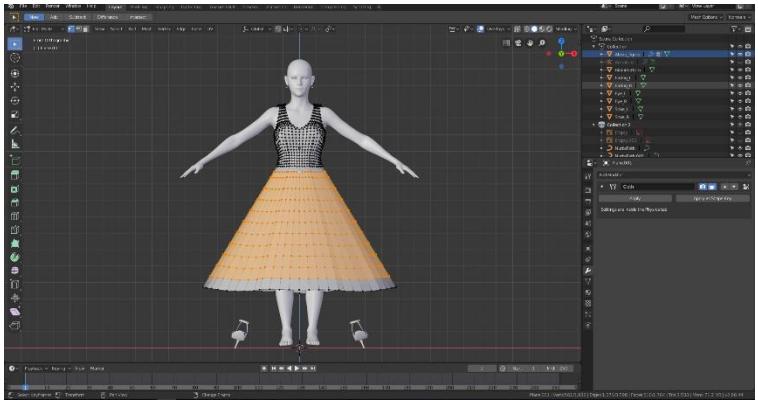
ภาพที่ 3-91 การเชื่อมกระโปรง

ต่อจากนั้นเลือกขอบกระโปรง กด G+Z เพื่อทำการดึงกระโปรงลง



ภาพที่ 3-92 การดึงกระโปรงลง

28. สร้าง Loop Cut โดยการกด Ctrl+R จำนวน 11 เส้น



ภาพที่ 3-93 สร้าง Loop Cut กระโปรง

29. เปลี่ยน Edit Mode เป็น Object Mode เลือกวัตถุชุดเดรสกระโปรงทรงบาน กด Physics > Cloth > Shape > PinGroup **Group** (ชื่อที่ตั้งขึ้น)

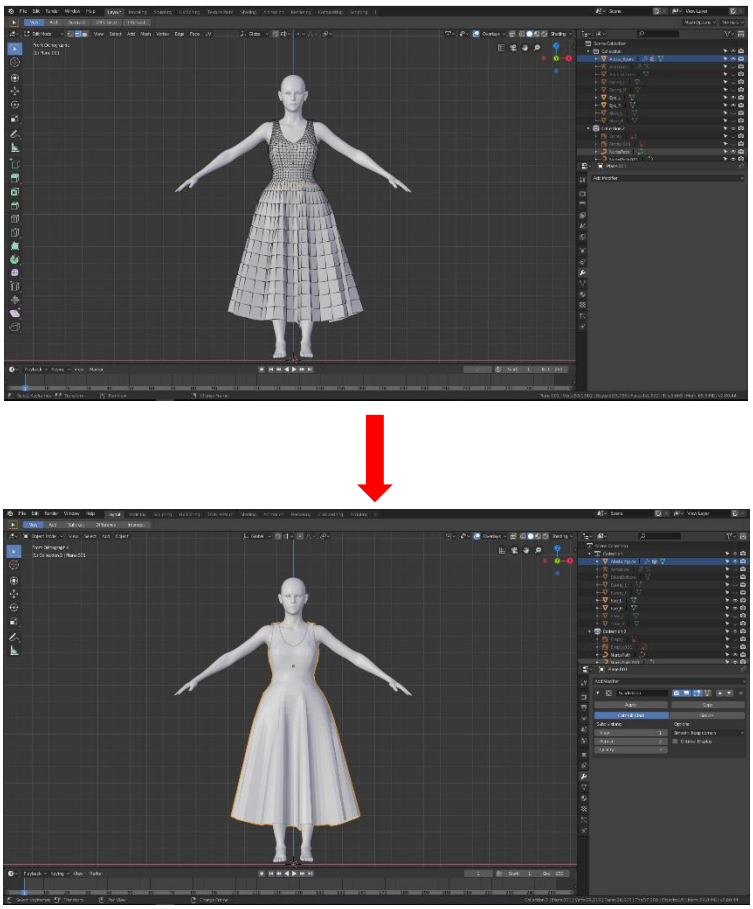
ภาพที่ 3-94 การตั้งค่ากระโปรง

30. กด เพื่อทำการเล่น เมื่อได้ชุดที่ต้องการแล้ว กด เพื่อทำการหยุดเล่น

ภาพที่ 3-95 การปรับแต่งชุด

จากนั้นกด Modifiers > Apply ของ Mirror และ Cloth

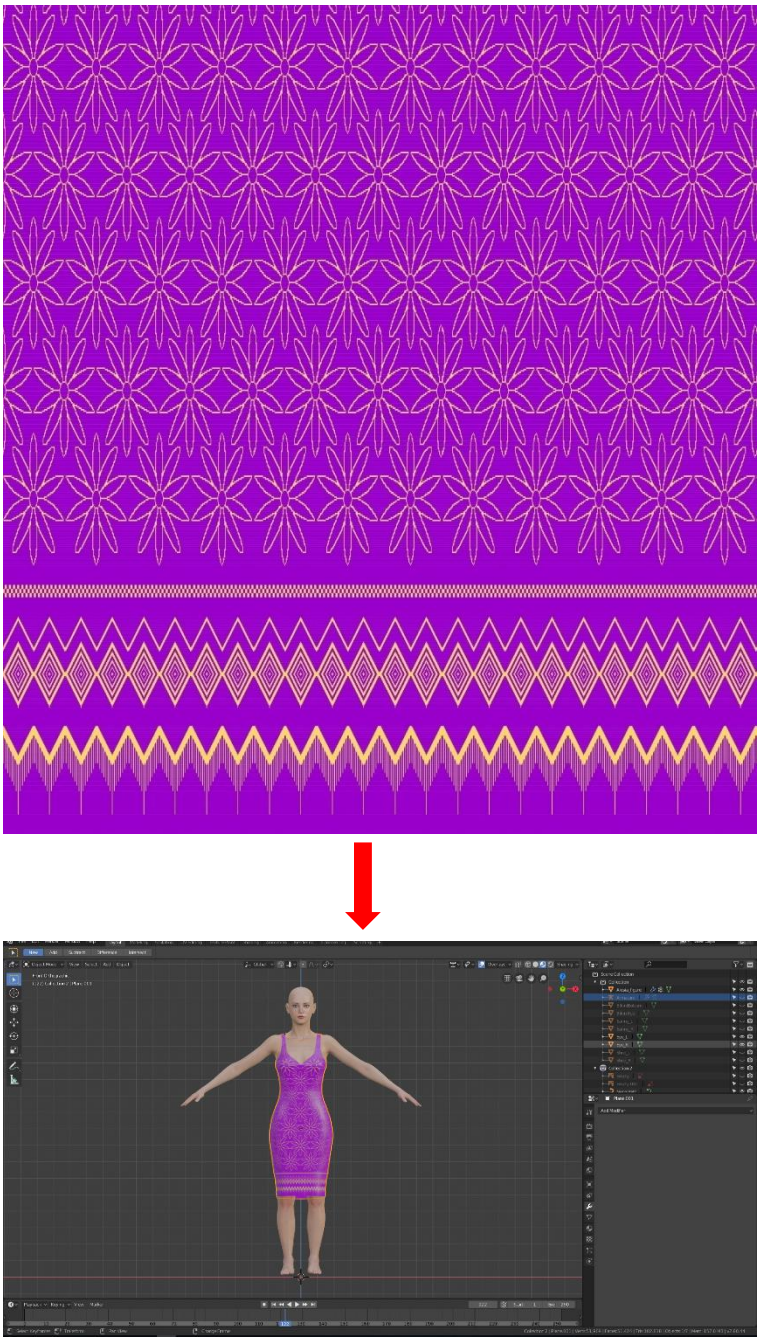
31. ทำการจัดจุดเพื่อทำให้จุดเกิดความสวยงาม



ภาพที่ 3-96 การจัดจุดเพื่อทำให้จุดเกิดความสวยงาม

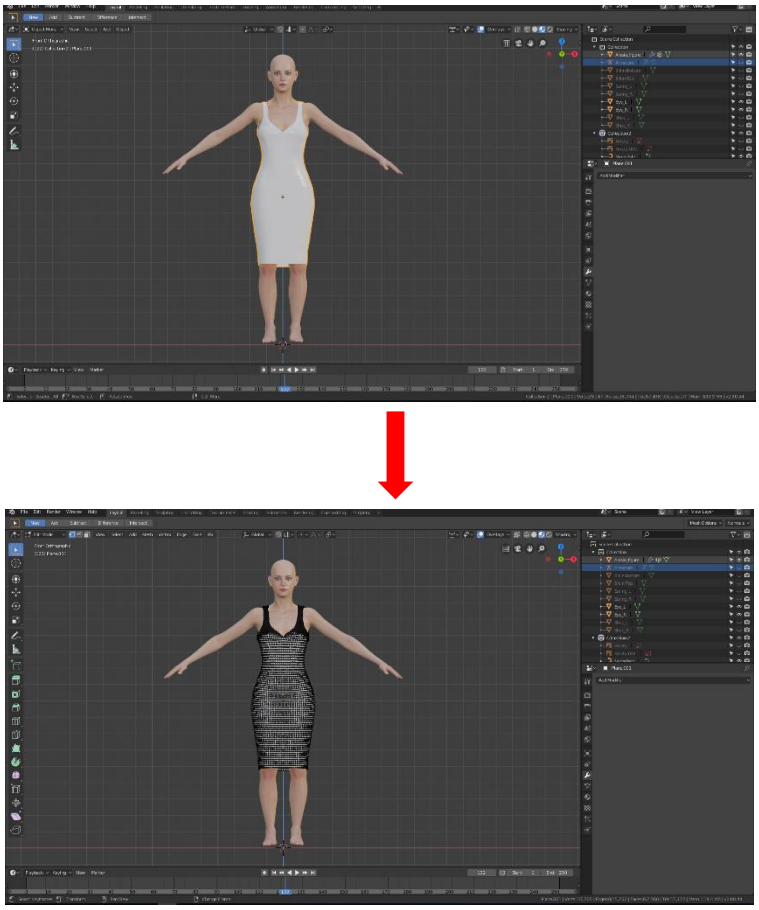
3.4 ขั้นตอนการลงลายบนชุดที่ตัดเย็บในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender)

3.4.1 ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ



ภาพที่ 3-97 ลายของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

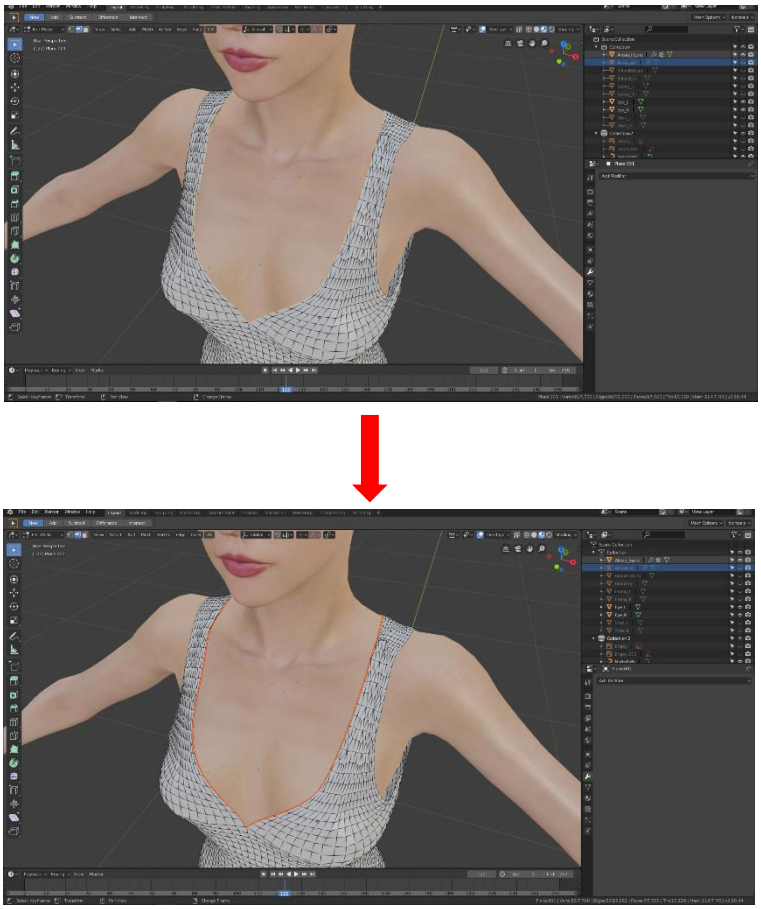
1. เลือกวัตถุชุดเดรสกระโปรงทรงสอบแล้วเปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode



ภาพที่ 3-98 Edit Mode ของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

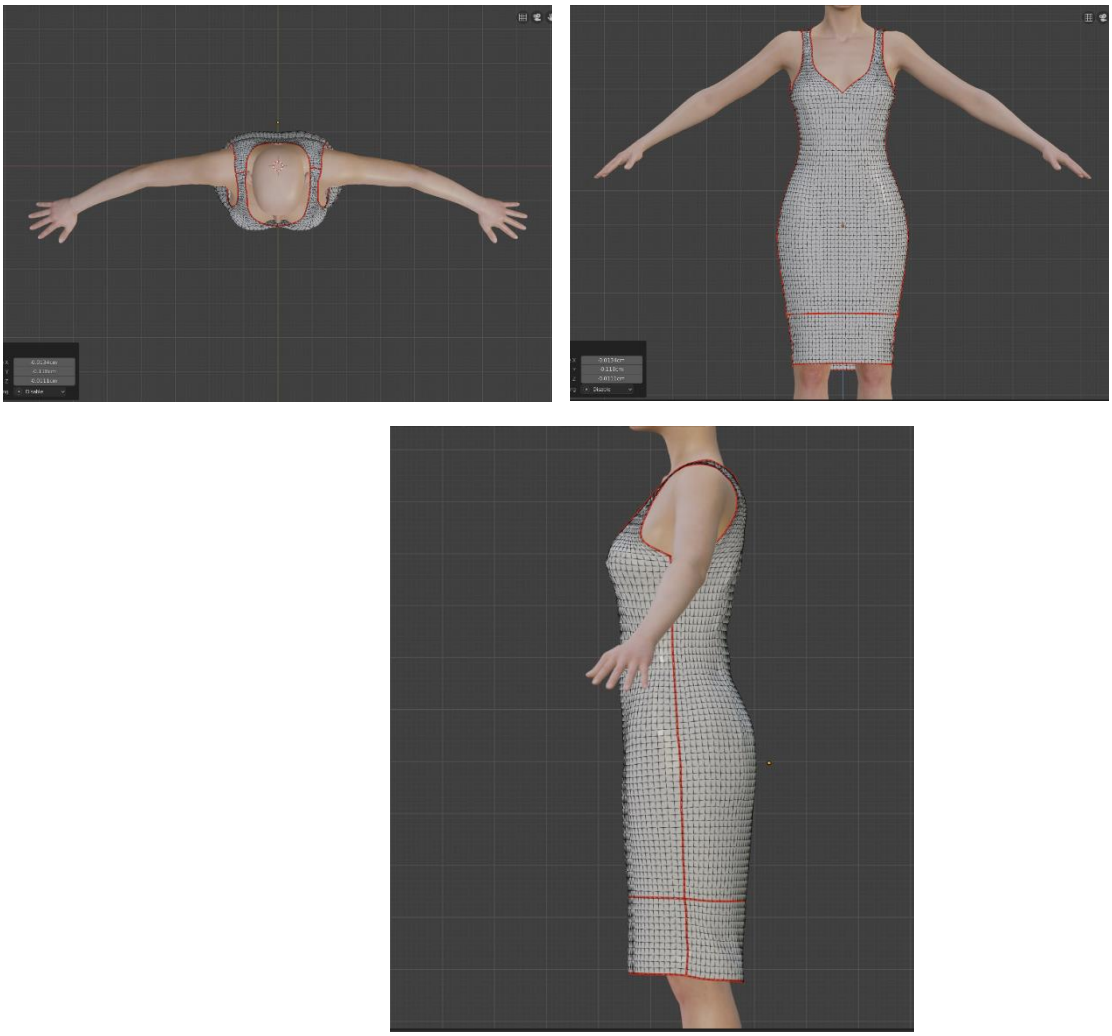
2. เลือกเส้นของของชุดเพื่อทำการ Mark seam แบ่งส่วน โดยเลือกเส้นที่ต้องการ > คลิกเม้าท์ขวา > Mark seam

<u>หมายเหตุ</u> เมื่อ Mark seam แล้วเส้นจะเปลี่ยนเป็นสีแดง



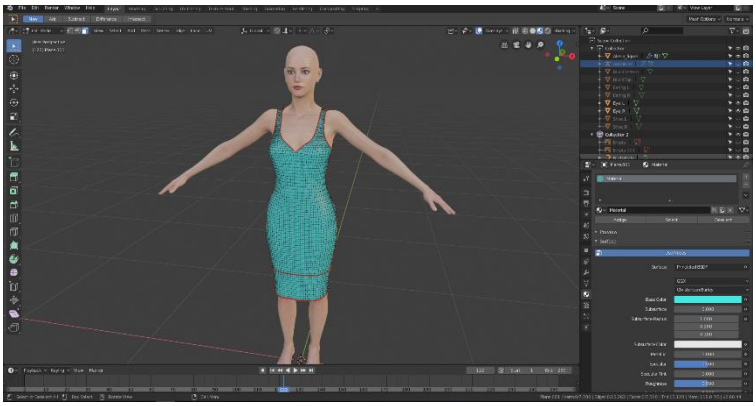
ภาพที่ 3-99 การ Mark seam

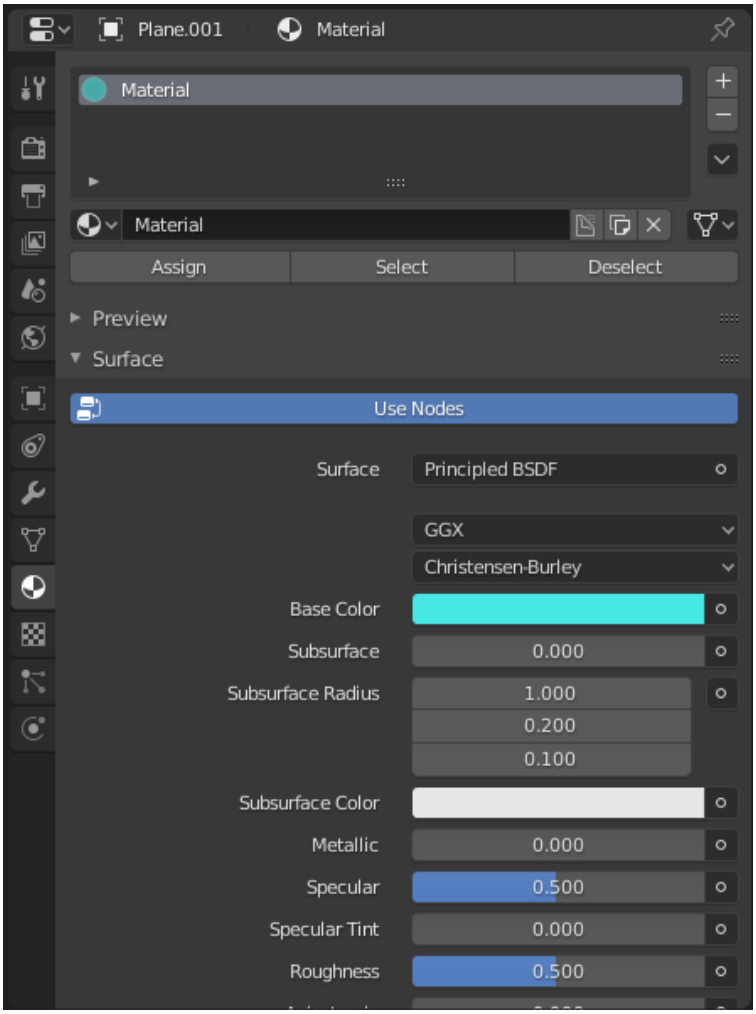
3. ทำการ Mark seam 7 เส้น ดังนี้ รอบคอ, รอบวงแขน 2 ข้าง, รอบกระโปรง 2 เส้น และแถบข้างทั้ง 2 ด้าน



ภาพที่ 3-100 บริเวณ Mark seam

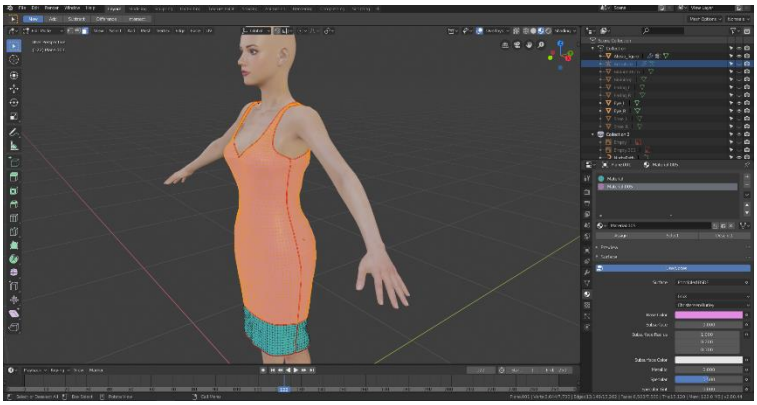
4. ลงสีของชุดโดยเลือกหน้าทั้งหมดของชุด > Material > + > New > Base Color **เลือกสี** > Assign

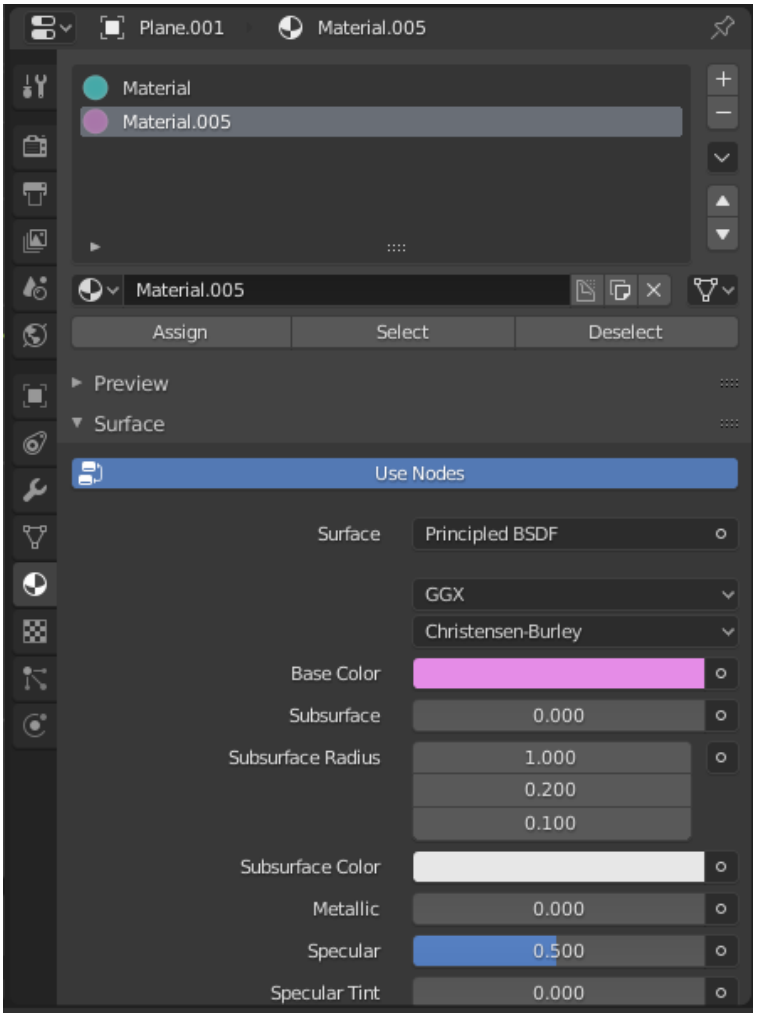




ภาพที่ 3-101 การลงสีของชุด

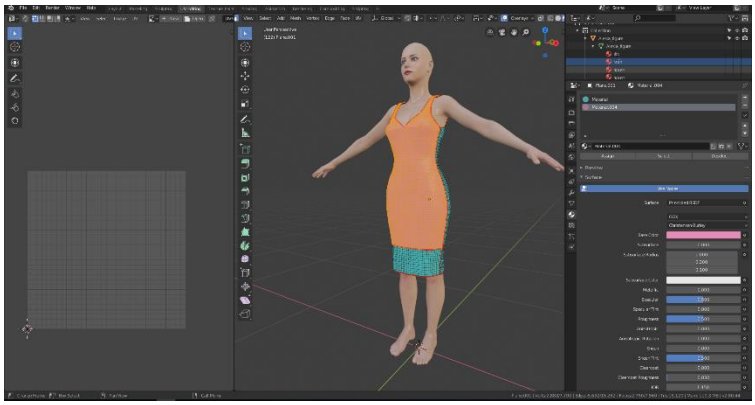
5. เลือกหน้าของวัตถุจากนั้นเพิ่ม Materaial แล้วกด Assign





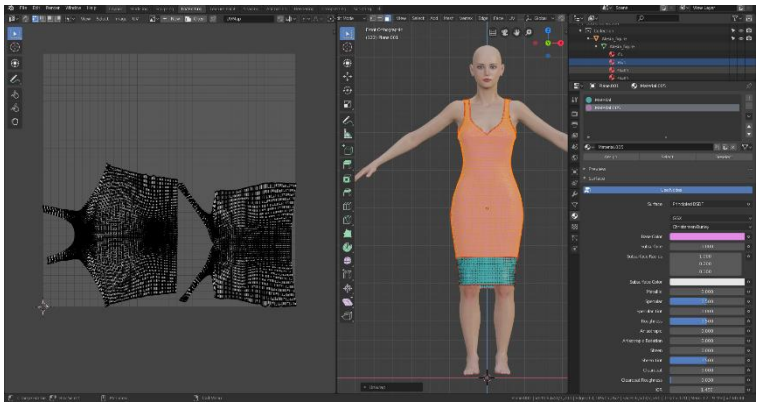
ภาพที่ 3-102 การเลือกหน้า

6. เลือก UV Editing เพื่อกาง UV



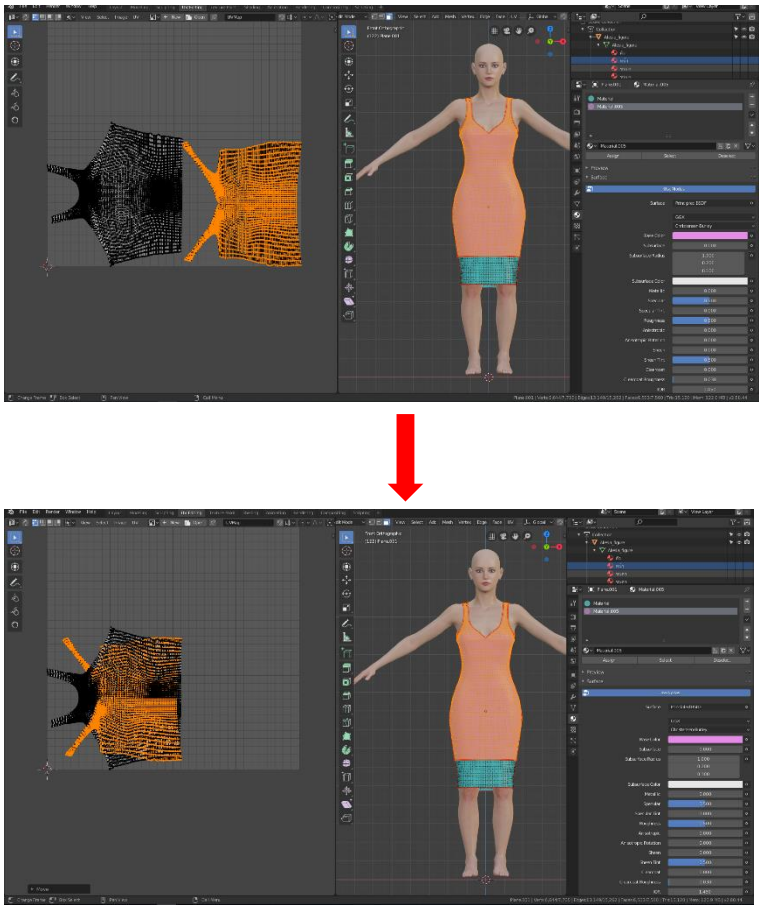
ภาพที่ 3–103 การกาง UV

ไปที่หน้าต่างด้านขวาแล้วกด U > Unwrap



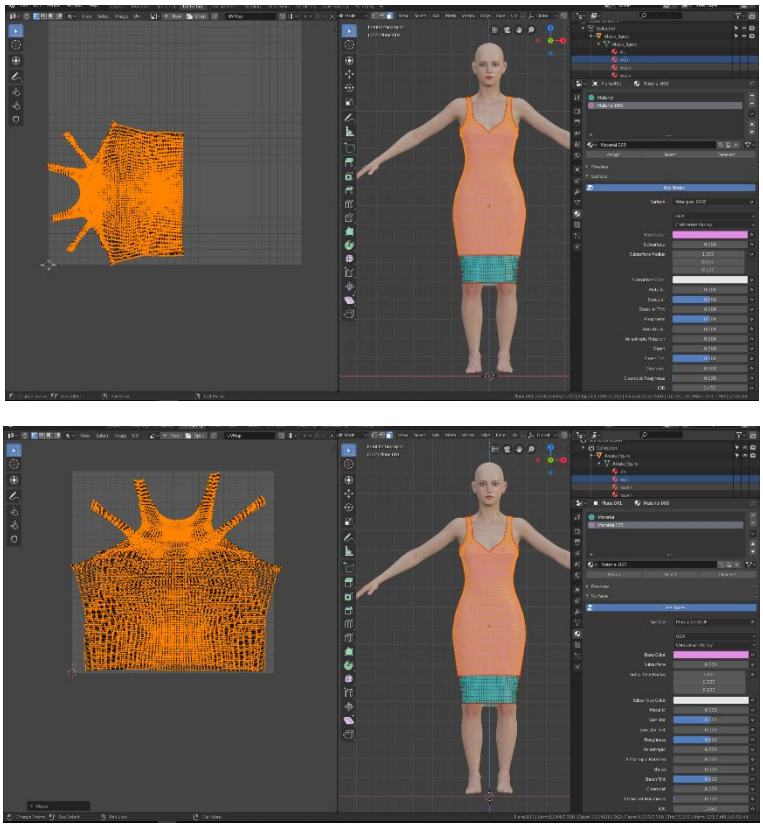
ภาพที่ 3–104 Unwrap

7. เลือกชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าและเคลื่อนย้ายไปทับกับชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง โดยทำงานในหน้าต่างทางซ้าย



ภาพที่ 3-105 เคลื่อนย้ายชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าทับด้านหลัง

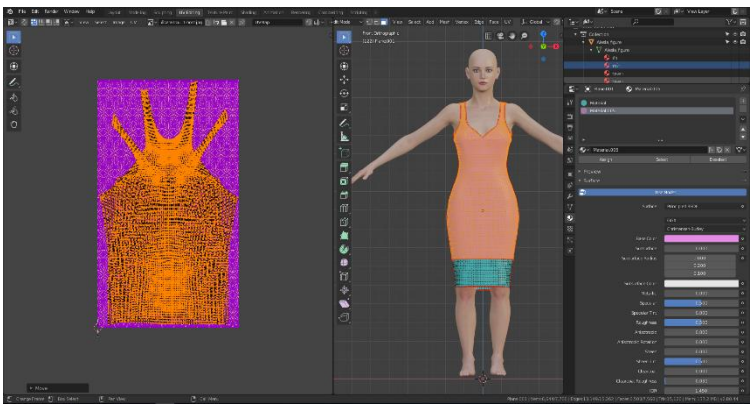
เลือกวัตถุทั้งหมดแล้วทำการหมุนโดยกด R+Z+90 และทำการขยายวัตถุ



ภาพที่ 3-106 การหมุน

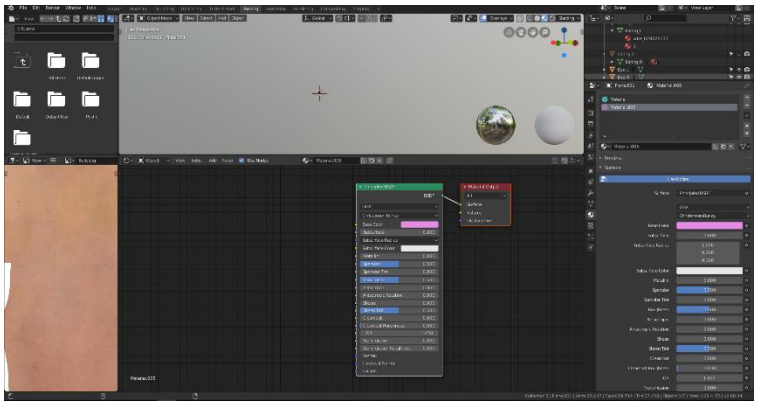
8. เลือก

> เลือกลายผ้า > Open Image



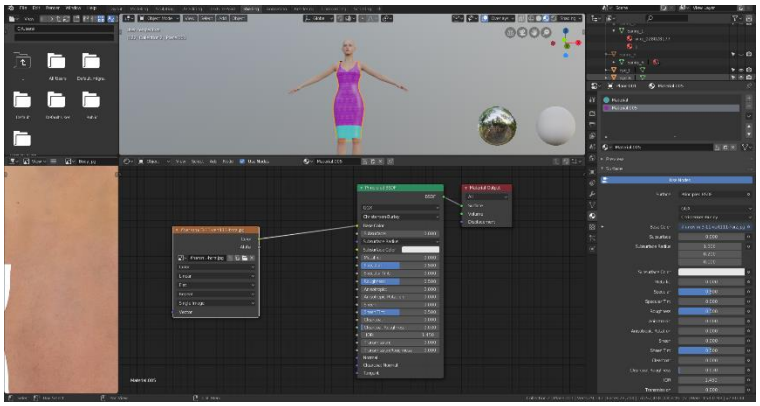
ภาพที่ 3-107 เลือกลายผ้า

9. เลือก Shading



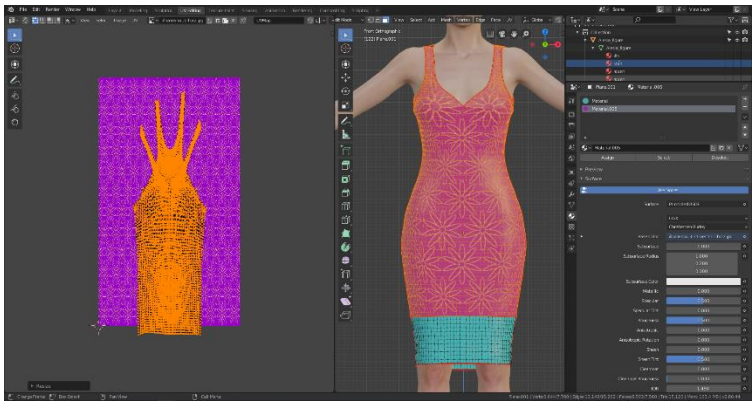
ภาพที่ 3-108 Shading

จากนั้นกด Shift+A > Texture > Image Texture เพื่อนำรูปลายผ้าที่ทำการกาง UV ลง แล้วเลือก Open > เลือกลายผ้าให้เป็นลายเดียวกันกับขั้นตอนที่ 8 > Open Image และเชื่อมเส้นจาก Color ไปยัง Base Color



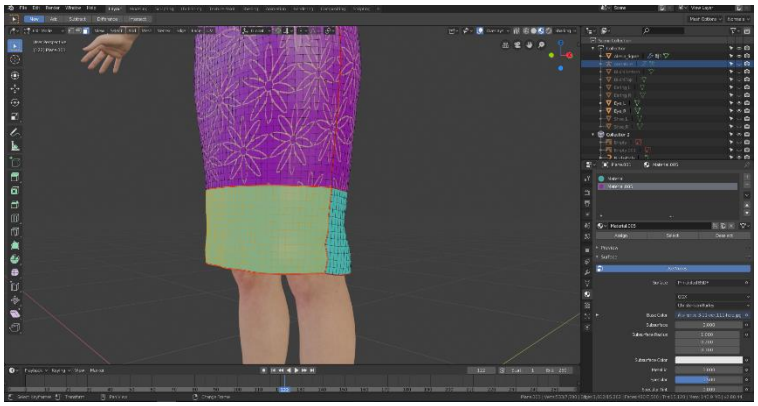
ภาพที่ 3-109 การปรับลายผ้า

10. จัดชุดให้ตรงตามลายที่ต้องการ โดยอยู่ในหน้าต่างของการกาง UV



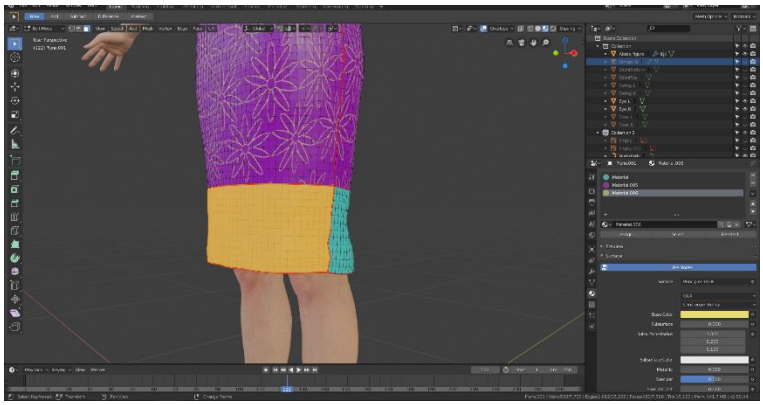
ภาพที่ 3–110 จัดชุดให้ตรงตามลายที่ต้องการ

11. เลือกหน้าของวัตถุด้านหน้าในส่วนของท้ายชุดเดรส



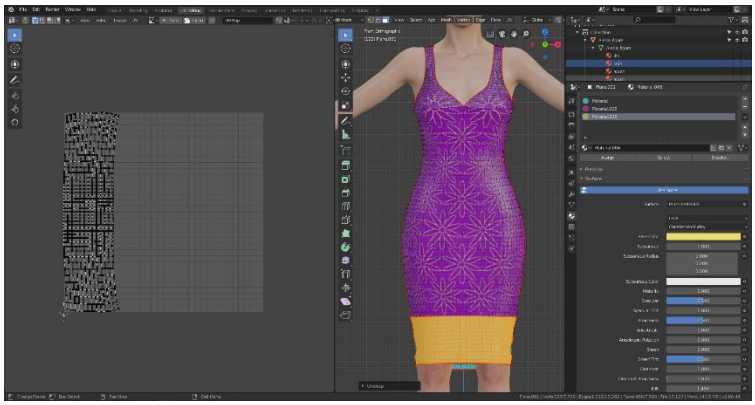
ภาพที่ 3–111 เลือกหน้าของวัตถุด้านหน้า

จากนั้นเพิ่ม Material แล้วกด Assign



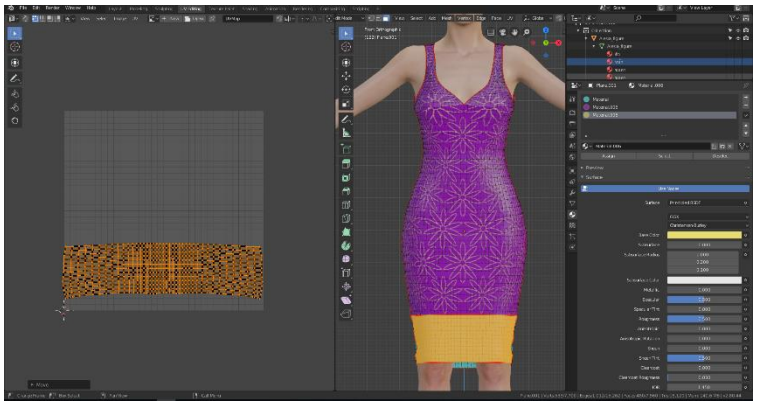
ภาพที่ 3-112 การเพิ่ม Material

12. เลือก UV Editing เพื่อกาง UV จากนั้นกด U > Unwrap โดยทำงานในหน้าต่างด้านขวา



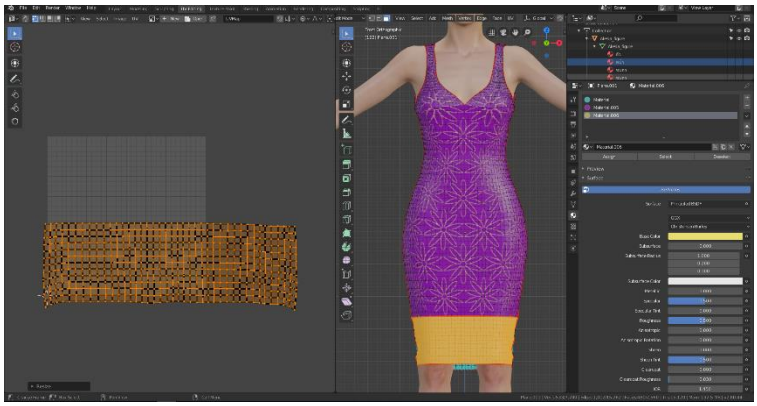
ภาพที่ 3-113 กาง UV ส่วนท้ายของชุดเดรส

13. เลือกวัตถุทั้งหมดและทำการหมุนโดยกด Q+Z+90



ภาพที่ 3-114 เลือกวัตถุทั้งหมดและทำการหมุน

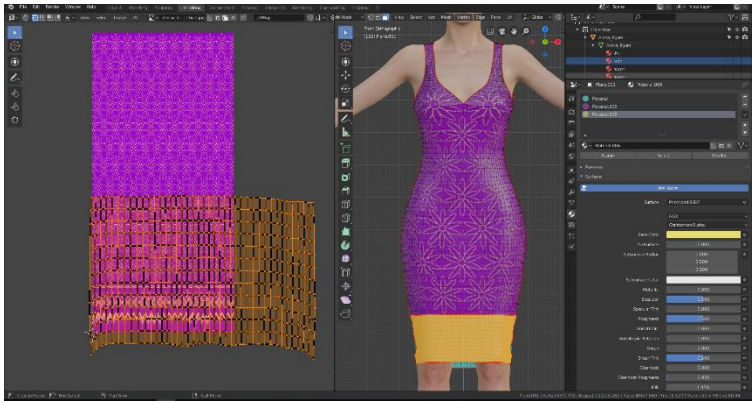
จากนั้นทำการจัดจุดของวัตถุให้เป็นเส้นตรง โดยการเลือกวัตถุ > O > G



ภาพที่ 3-115 การจัดจุดของวัตถุให้เป็นเส้นตรง

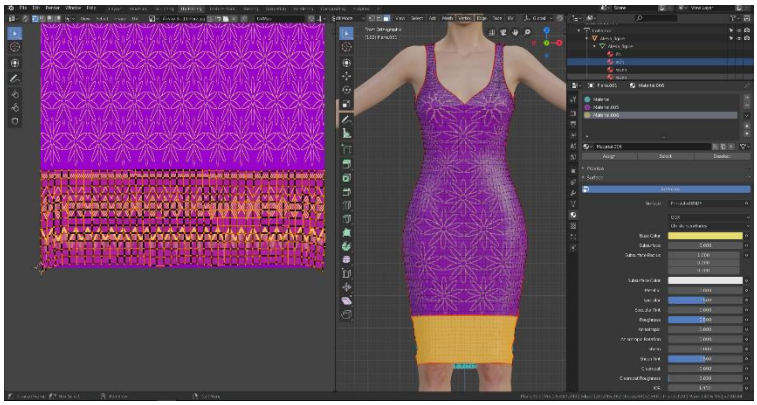
14. เลือก

> เลือกลายผ้า > Open Image



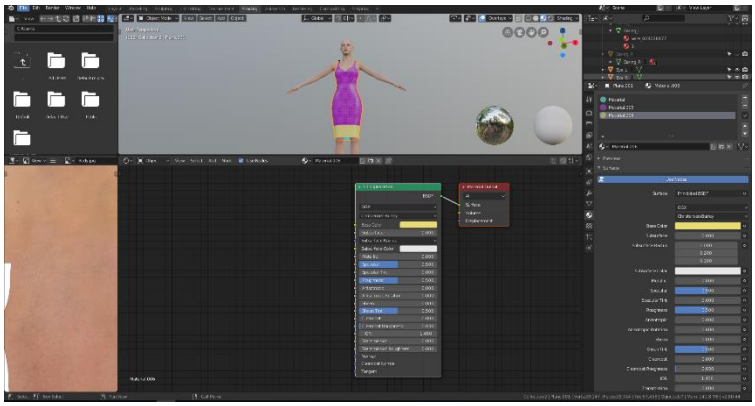
ภาพที่ 3-116 ใส่ลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า

จากนั้นทำการจัดจุดให้ตรงกับลายผ้า



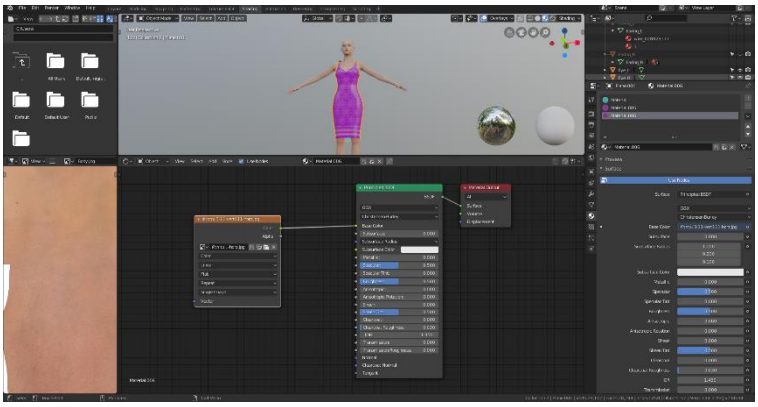
ภาพที่ 3-117 จัดจุดให้ตรงกับลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า

15. เลือก Shading



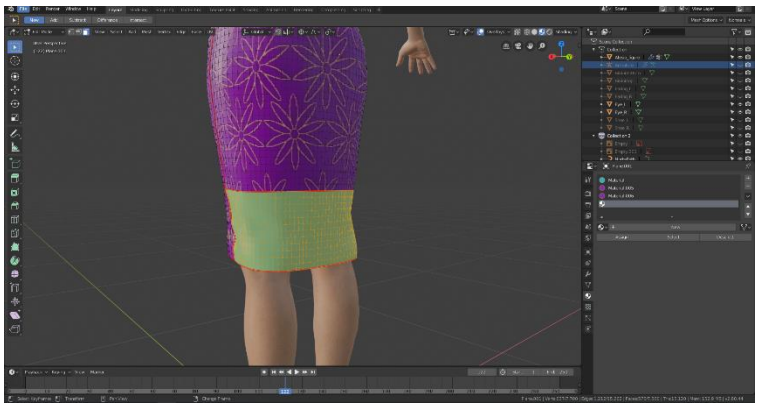
ภาพที่ 3-118 Shading ลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า

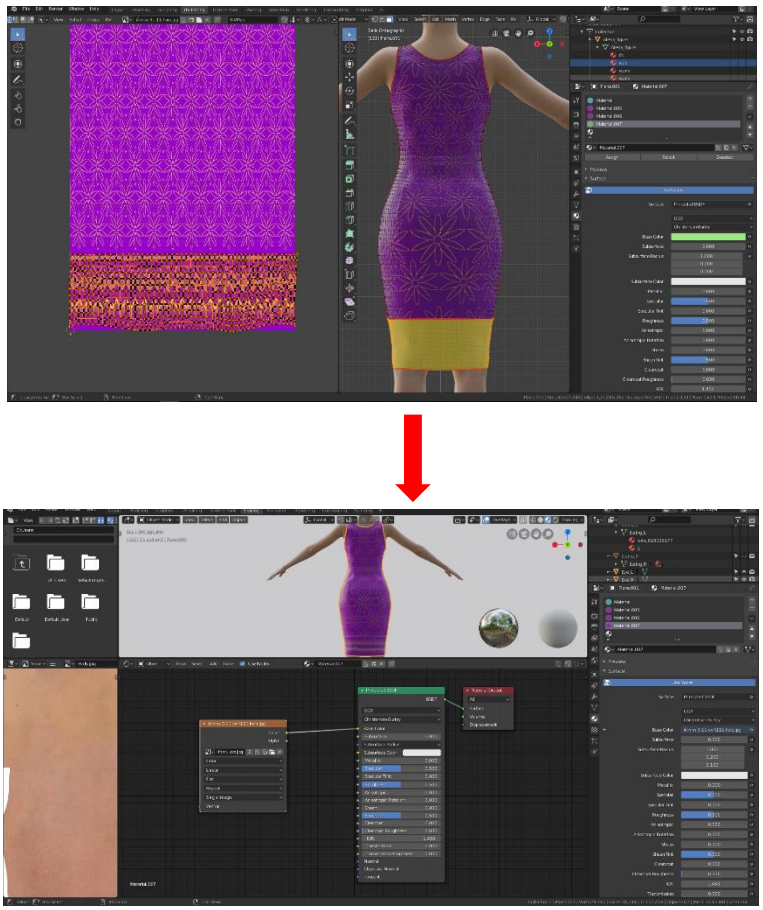
จากนั้นกด Shift+A > Texture > Image Texture เพื่อนำรูปลายผ้าที่ทำการกาง UV ลง แล้วเลือก Open > เลือกลายผ้าให้เป็นลายเดียวกันกับขั้นตอนที่ 24 > Open Image และเชื่อมเส้นจาก Color ไปยัง Base Color



ภาพที่ 3-119 การปรับลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า

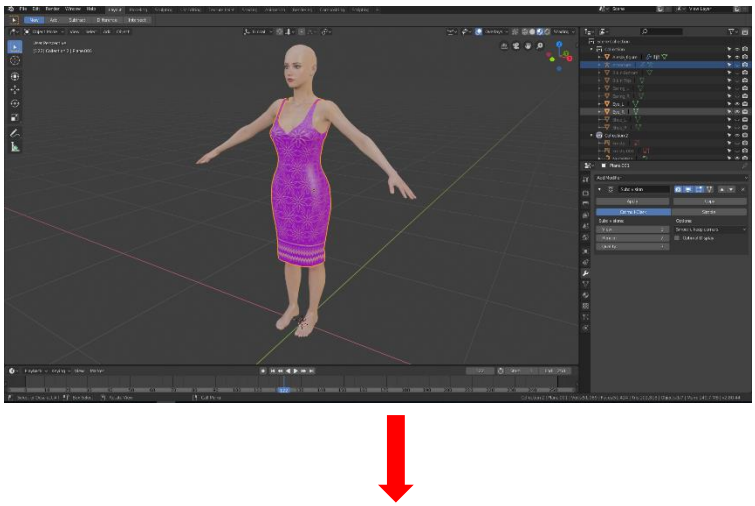
16. ในทำนองเดียวกันกับส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหลัง จะทำเหมือนกับส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า

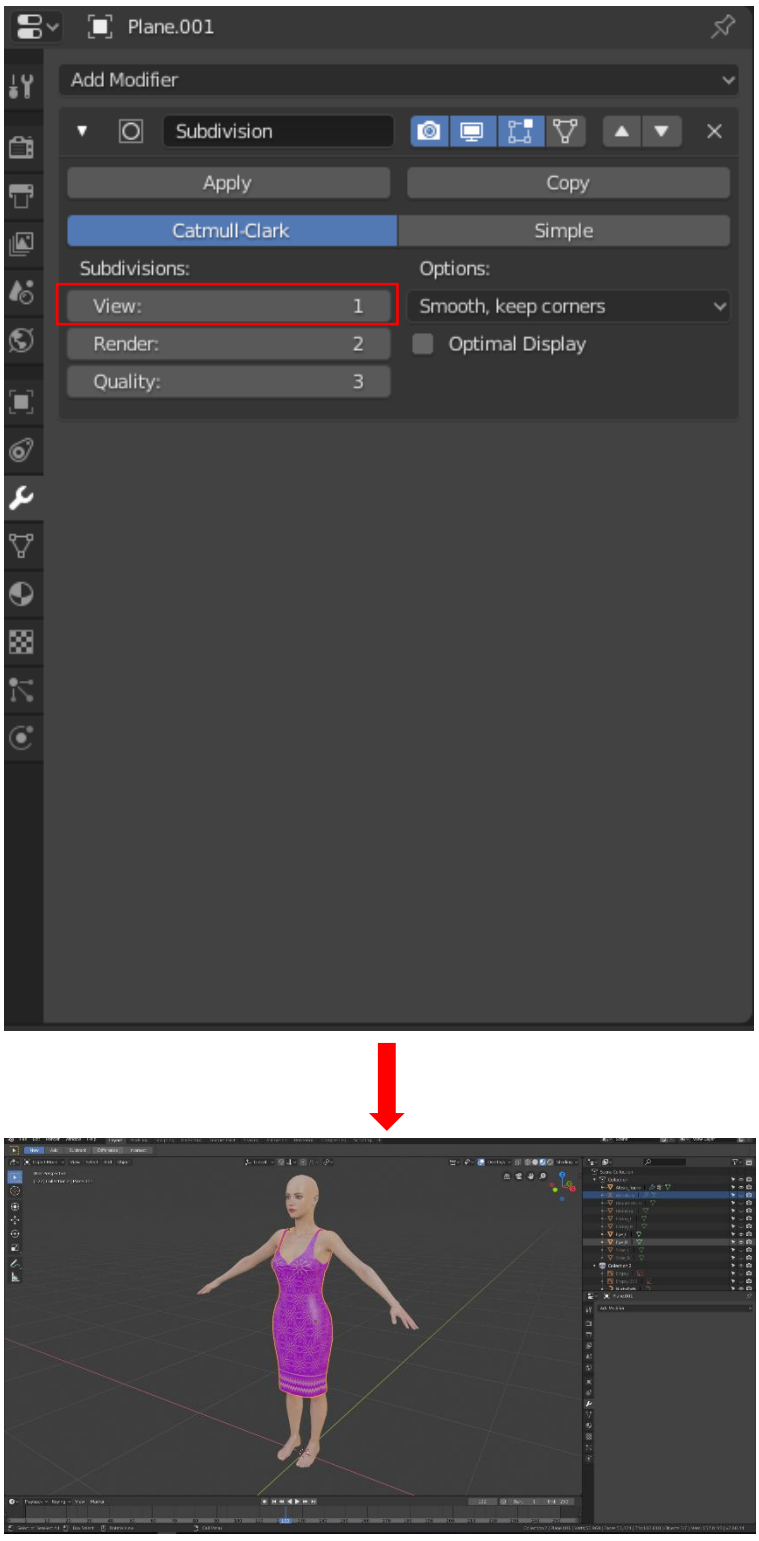




ภาพที่ 3-120 ลายผ้าส่วนท้ายของชุดเดรสด้านหน้า

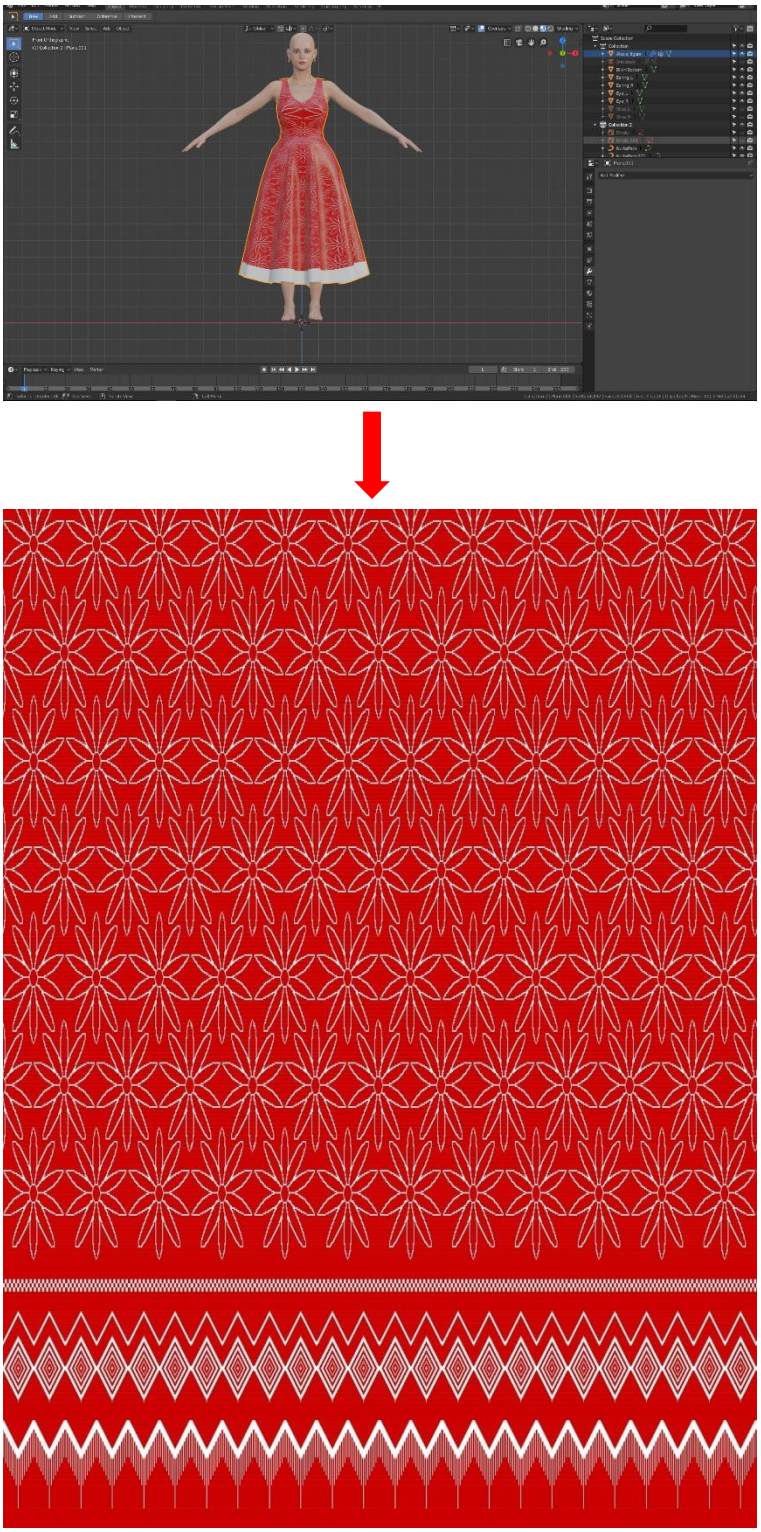
17. เลือก Layout > เลือกชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ > Modifiers > Add Modifier > Subdivision > Apply





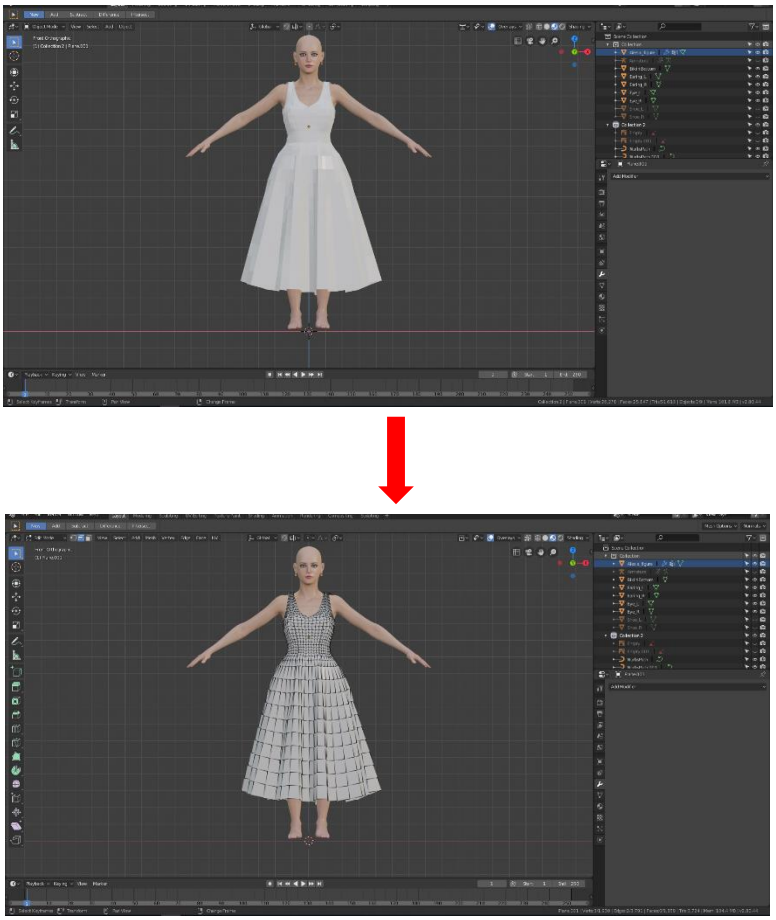
ภาพที่ 3-121 ลายชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

3.4.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



ภาพที่ 3-122 ลายชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

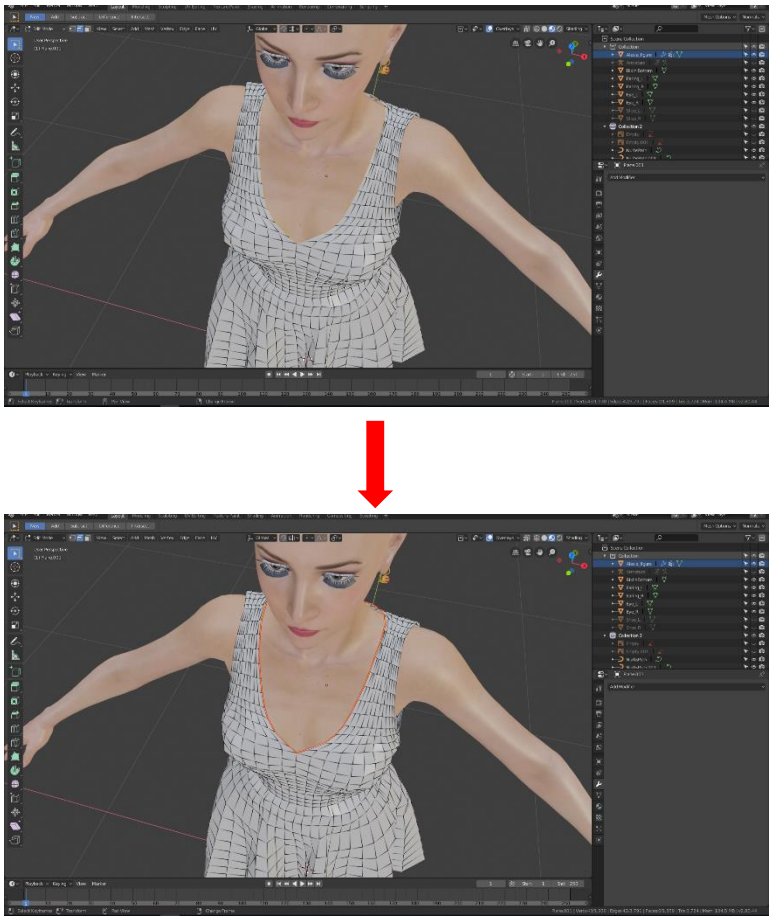
1. เลือกวัตถุชุดเดรสกระโปรงทรงบานแล้วเปลี่ยน Object Mode เป็น Edit Mode



ภาพที่ 3-123 Edit Mode ของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

2. เลือกเส้นของของชุดเพื่อทำการ Mark seam แบ่งส่วน โดยเลือกเส้นที่ต้องการ > คลิกเม้าท์ขวา > Mark seam

<u>หมายเหตุ</u> เมื่อ Mark seam แล้วเส้นจะเปลี่ยนเป็นสีแดง

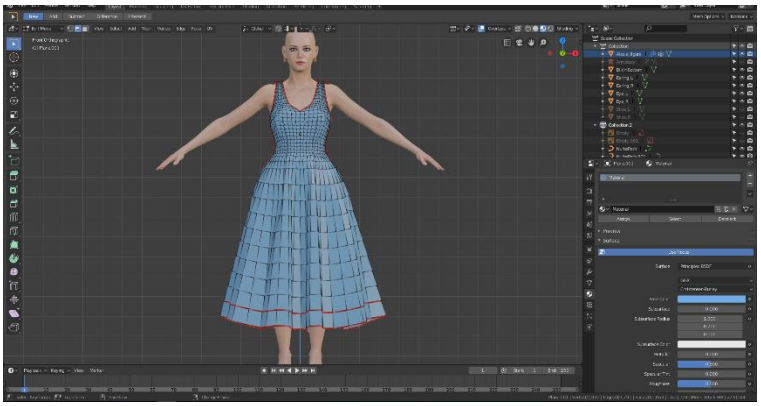


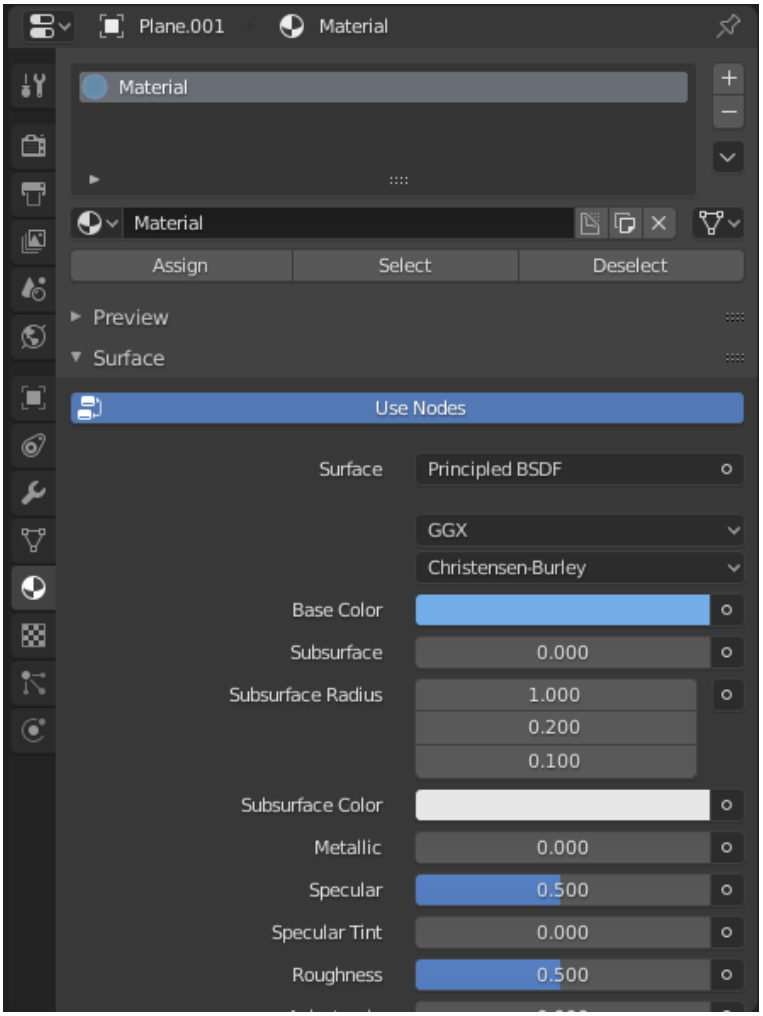
ภาพที่ 3-124 Mark seam ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

3. ทำการ Mark seam 7 เส้น ดังนี้ รอบคอ, รอบวงแขน 2 ข้าง, รอบกระโปรง 2 เส้น และแถบข้างทั้ง 2 ด้าน

ภาพที่ 3-125 บริเวณที่ Mark seam ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

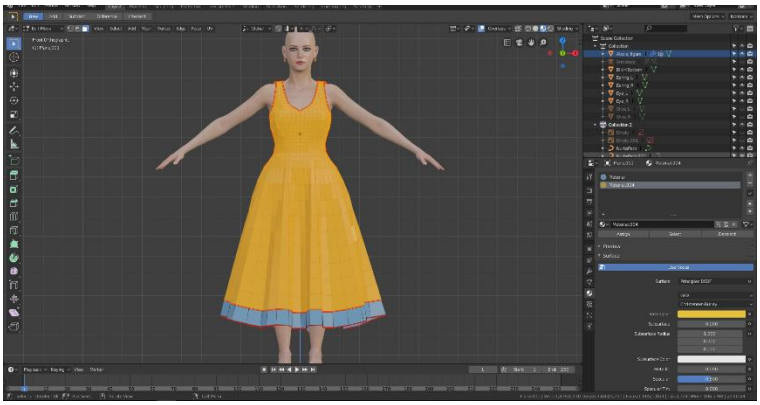
4. ลงสีของชุดโดยเลือกหน้าทั้งหมดของชุด > Material > + > New > Base Color **เลือกสี** > Assign

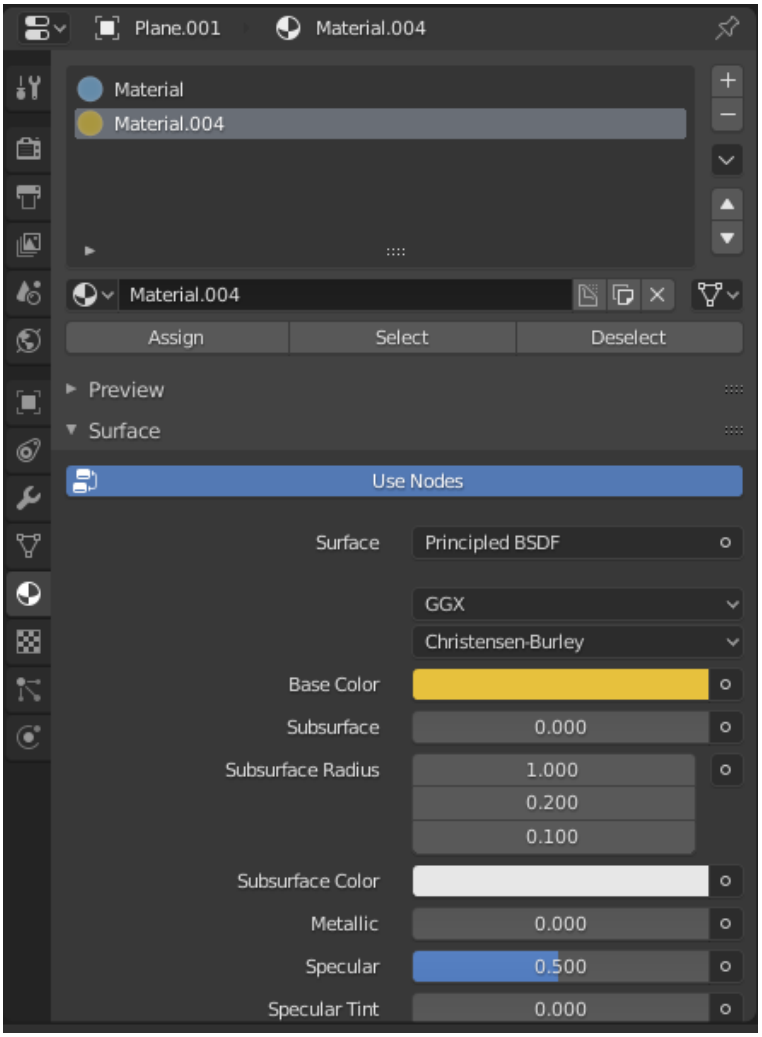




ภาพที่ 3-126 การลงสีของชุดชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

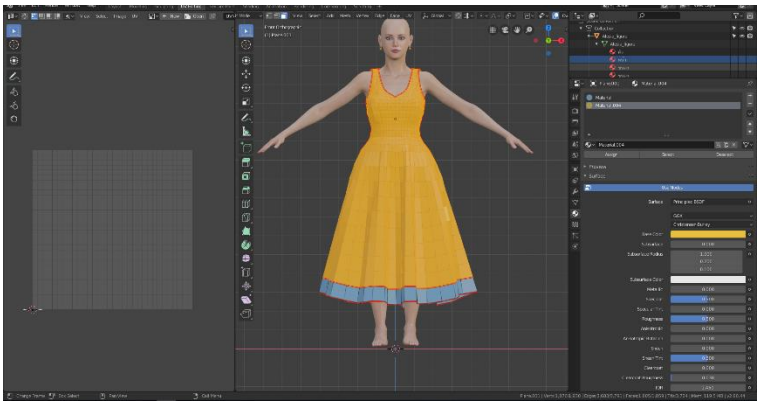
5. เลือกหน้าของวัตถุจากนั้นเพิ่ม Materaial แล้วกด Assign





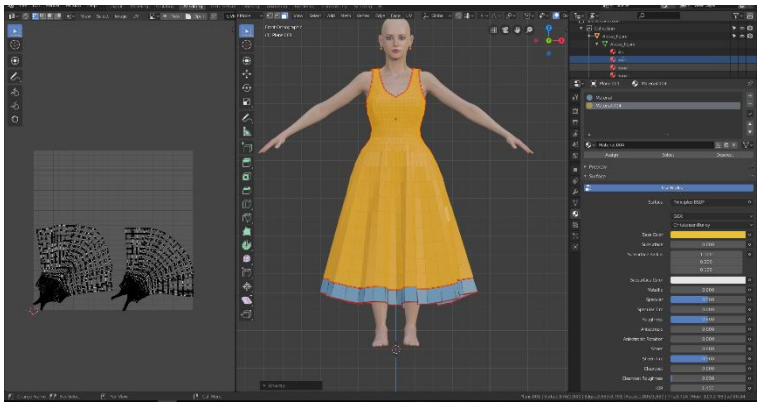
ภาพที่ 3-127 การเลือกหน้า

6. เลือก UV Editing เพื่อกาง UV



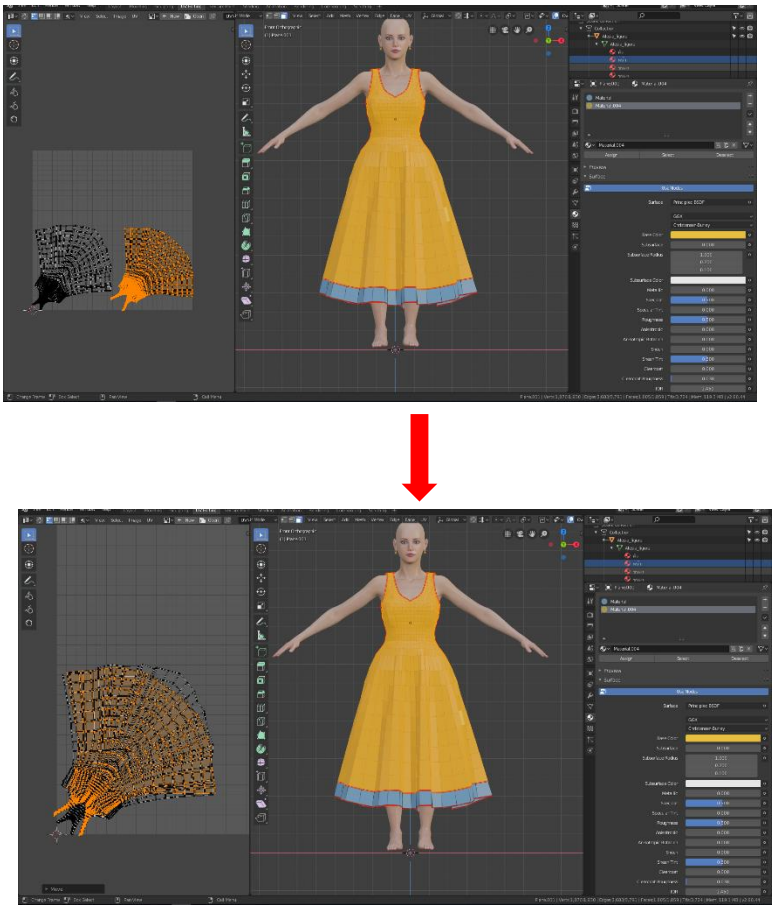
ภาพที่ 3-128 การกาง UV

ไปที่หน้าต่างด้านขวาแล้วกด U > Unwrap



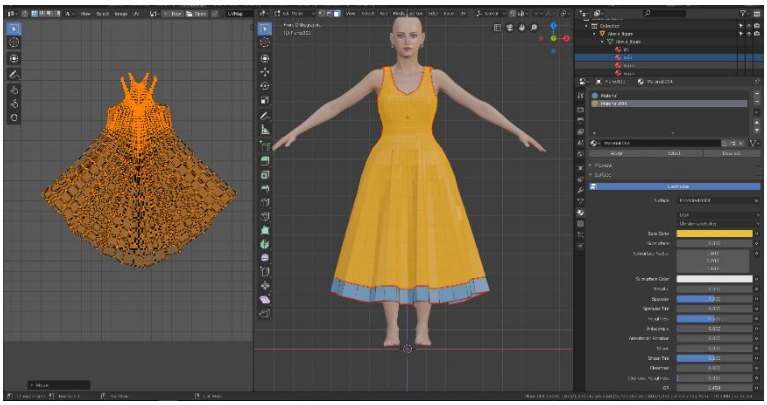
ภาพที่ 3-129 Unwrap

7. เลือกชุดเดรสกระโปรงทรงบานด้านหน้าและเคลื่อนย้ายไปทับกับชุดเดรสกระโปรงทรงบานด้านหลัง โดยทำงานในหน้าต่างทางซ้าย



ภาพที่ 3-130 เคลื่อนย้ายชุดเดรสกระโปรงทรงบานด้านหน้าทับด้านหลัง

เลือกวัตถุทั้งหมดแล้วทำการหมุนโดยกด R+Z+90 และทำการขยายวัตถุ



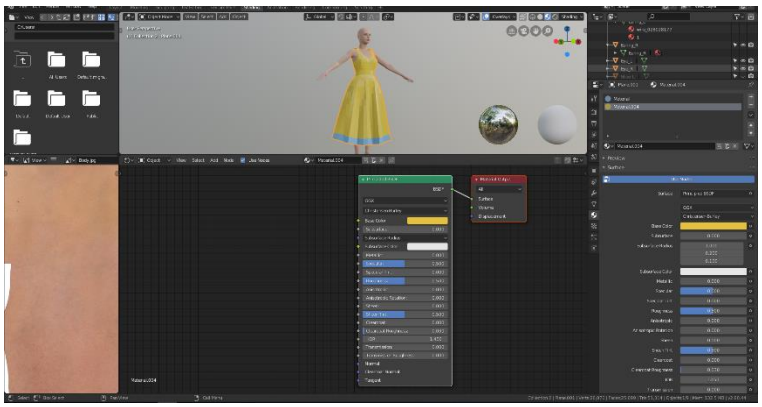
ภาพที่ 3-131 การหมุน

8. เลือก

> เลือกลายผ้า > Open Image

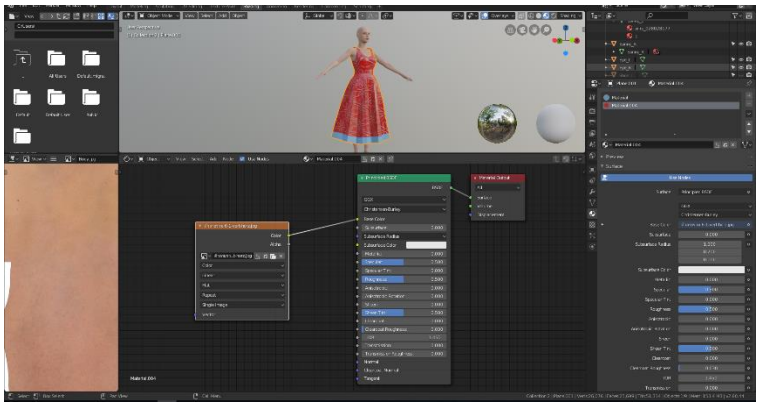
ภาพที่ 3-132 เลือกลายผ้า

9. เลือก Shading



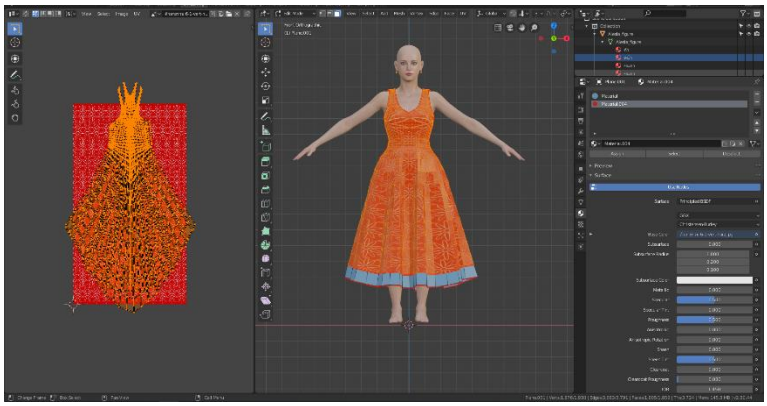
ภาพที่ 3-133 Shading

จากนั้นกด Shift+A > Texture > Image Texture เพื่อนำรูปลายผ้าที่ทำการกาง UV ลง แล้วเลือก Open > เลือกลายผ้าให้เป็นลายเดียวกันกับขั้นตอนที่ 8 > Open Image และเชื่อมเส้นจาก Color ไปยัง Base Color



ภาพที่ 3-134 การปรับลายผ้า

10. จัดชุดให้ตรงตามลายที่ต้องการ โดยอยู่ในหน้าต่างของการกาง UV

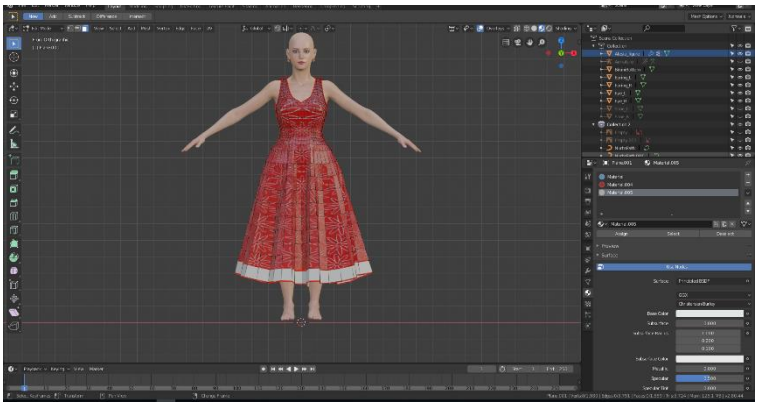


ภาพที่ 3-135 จัดชุดให้ตรงตามลายที่ต้องการ

11. เลือกหน้าของวัตถุด้านหน้าในส่วนของท้ายชุดเดรส

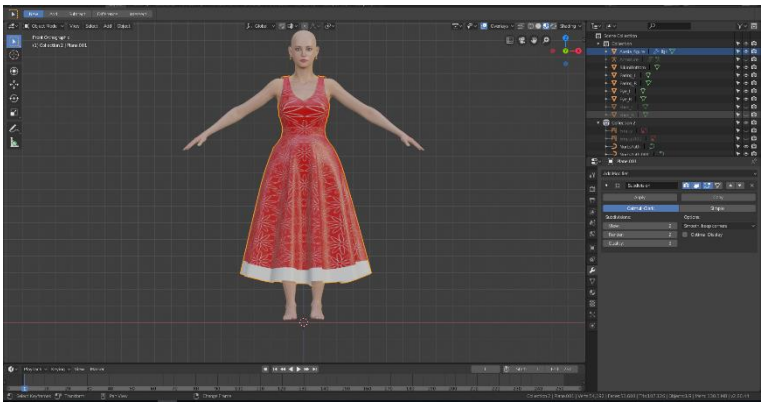
ภาพที่ 3-136 เลือกหน้าของวัตถุด้านหน้า

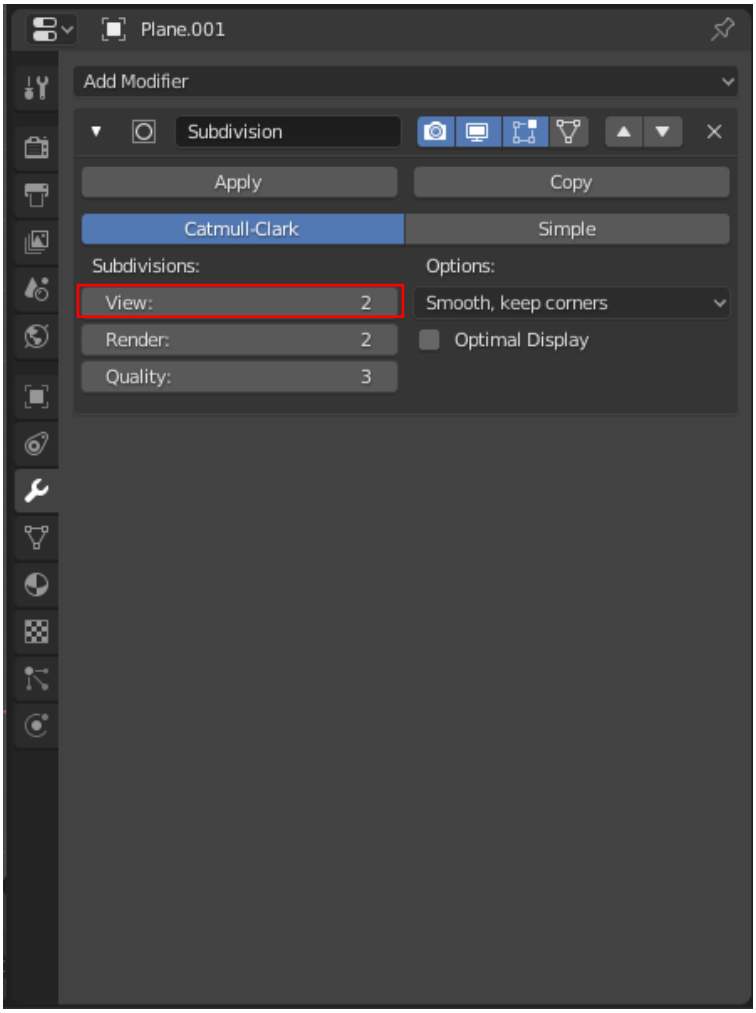
จากนั้นเพิ่ม Material แล้วกด Assign



ภาพที่ 3-137 การเพิ่ม Material

12. เลือก Layout > เลือกชุดเดรสกระโปรงทรงบาน > Modifiers > Add Modifier > Subdivision > Apply



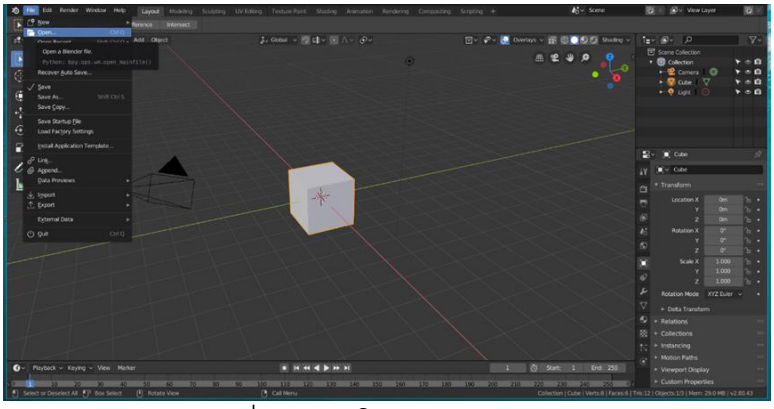


ภาพที่ 3-138 ลายชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

3.5 ขั้นตอนการเก็บจุดเพื่อการใช้งานอื่น ๆ

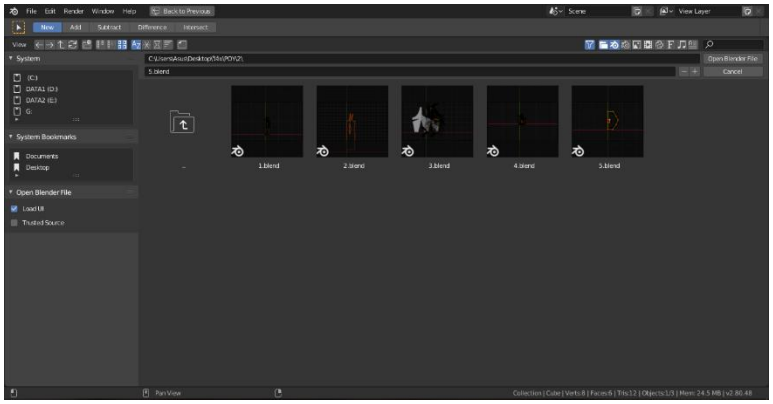
ในการออกแบบชุด ผู้วิจัยได้สนใจและได้เก็บข้อมูลของจุดที่เกิดขึ้นบนเส้นโค้งเบซิเยร์และทำการนำข้อมูลจากโปรแกรมเบรนเดอร์ มาเก็บไว้ที่โปรแกรมเอ็กซ์เซล ซึ่งมีขั้นตอนวิธีการเก็บข้อมูลดังนี้ดังต่อไปนี้

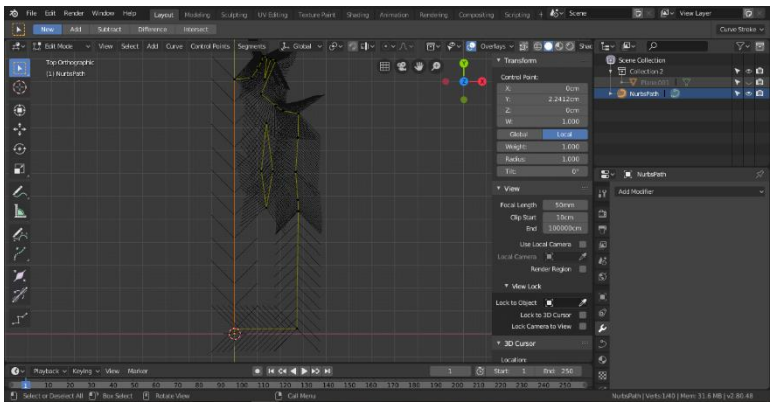
3.5.1 เปิดโปรแกรม Blender > File > open > เปิดไฟล์การเดินที่มีกราฟขึ้นมา



ภาพที่ 3-139 โปรแกรมเบรนเดอร์

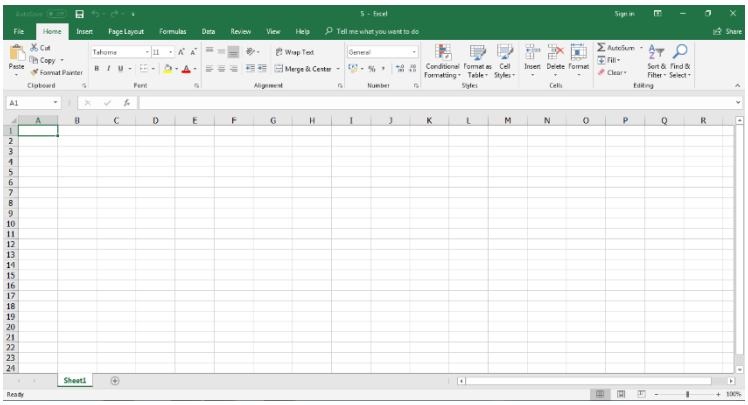
3.5.2 เปิดไฟล์ที่ต้องการเก็บจุด > เลือกจุดควบคุมที่เราจะศึกษาเพื่อเก็บจุด





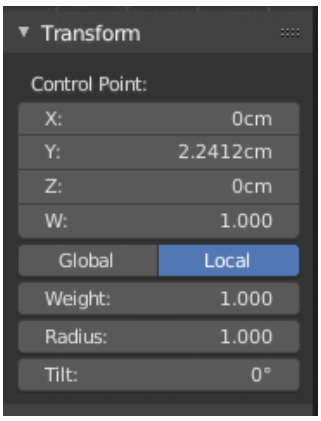
ภาพที่ 3-140 การเก็บจุดในโปรแกรมเบรนเดอร์

3.5.3 เปิดโปรแกรมเอ็กซ์เซล



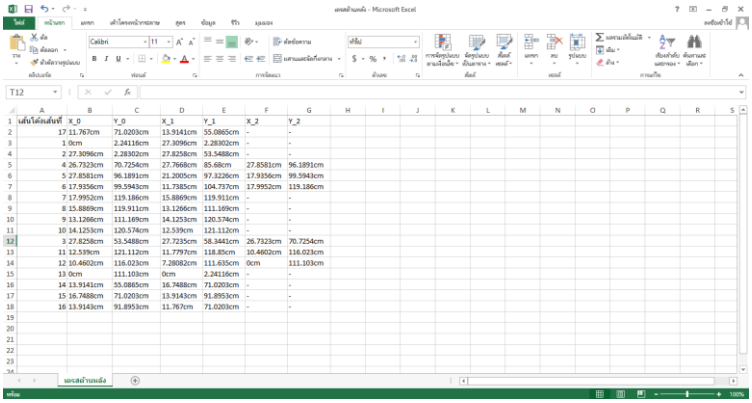
ภาพที่ 3-141 หน้าต่างโปรแกรมเอ็กซ์เซล

3.5.4 การเก็บจุดจากโปรแกรมเบรนเดอร์ คือการคลิกที่จุด แล้วดูข้อมูลแถบด้านขวา Transform



ภาพที่ 3-142 การบันทึกจุดจากโปรแกรมเบรนเดอร์ ไปยัง โปรแกรมเอ็กซ์เซล

3.5.6 คัดลอกจุดควบคุมจากโปรแกรมเบรนเดอร์ ไปยัง โปรแกรมเอ็กซ์เซล



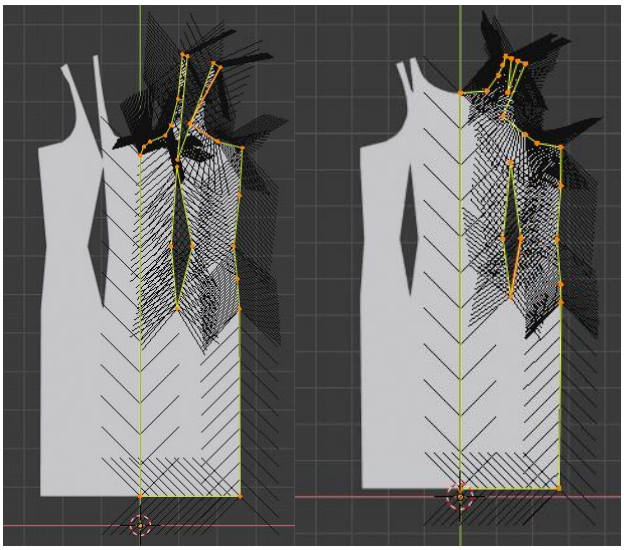
ภาพที่ 3-143 โปรแกรมเอ็กซ์เซล (บันทึกข้อมูล)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการดำเนินงานการศึกษาอิสระ (IS) จากวิธีการดำเนินงานที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 คณะผู้จัดทำ ได้ทำการออกแบบชุดโดยใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 และอันดับ 2 จากโปรแกรมเบลนเดอร์ จากนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงอาศัยความรู้และประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้ในรายวิชา Special Topics โดยการนำค่าจุดควบคุมของแต่ละเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ 1 และอันดับ 2 มาวิเคราะห์หาค่าพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีของกรีนและเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุของแบบชุด

4.1 ผลการเชื่อมเส้นโค้งเบซิเยร์ ให้ราบเรียบโดยการใช้นิยามของการเชื่อมกันของเส้นโค้งเบซิเยร์ แบบ C_0 และ G_0

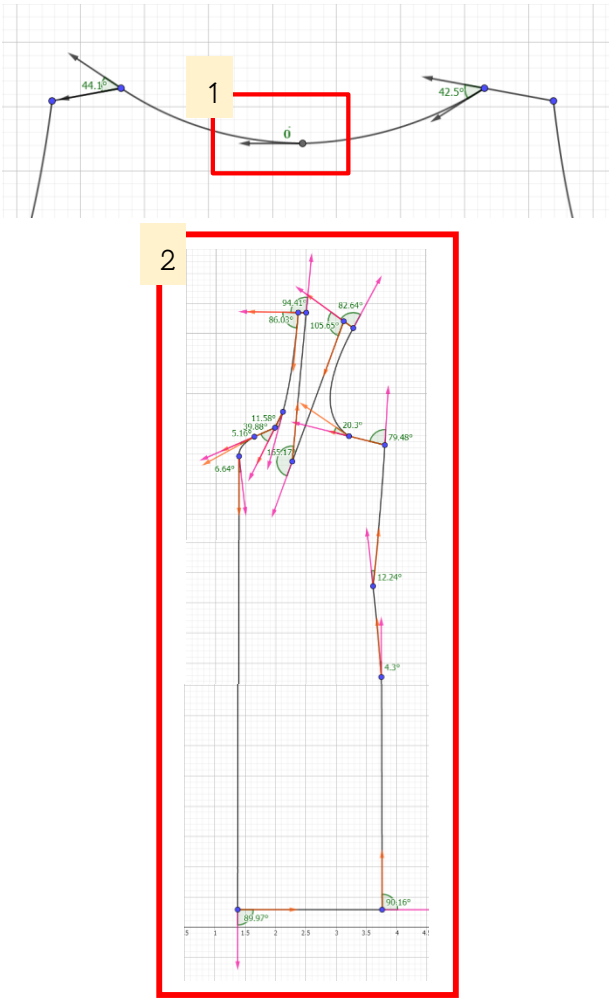


ภาพที่ 4–1 การเชื่อมเส้นโค้งเบซิเยร์

จากภาพที่ 4–1 เป็นการเชื่อมเส้นโค้งเบซิเยร์ หรือการคอมโพสิตเส้นโค้งเบซิเยร์ แบบ C_0, G_0 โดยใช้จุดปลายของเส้นโค้งเบซิเยร์ เส้นหนึ่งต่อกับจุดเริ่มต้นของเส้นโค้งเบซิเยร์ อีกเส้นหนึ่ง ตามแบบชุดที่ได้ทำการออกแบบไว้

4.2 ผลการวิเคราะห์หาเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ

4.2.1 พิจารณาจากจุดปลายแหลม, จุดมุม, จุดเปลี่ยนเว้า, จุดเปลี่ยน และเส้นโค้งออฟเซ็ต



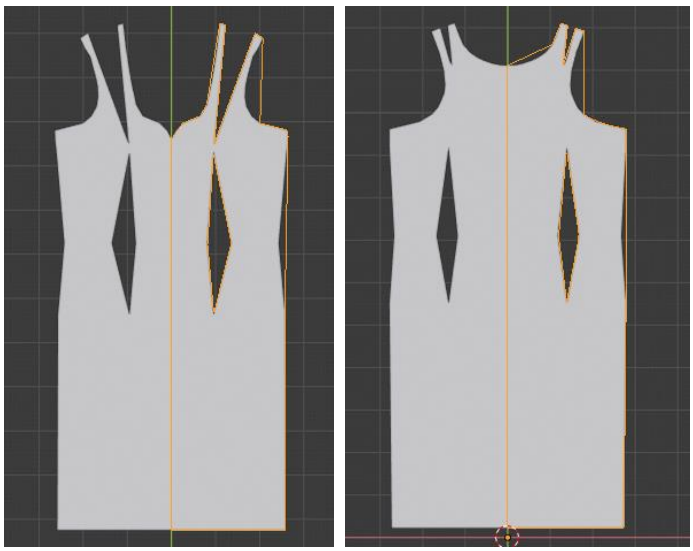
ภาพที่ 4-2 พิจารณามุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วย

จากภาพที่ 4-2 จะได้ว่าแบบชุดที่ได้ทำการออกแบบไว้เป็นจุดเปลี่ยนดังหมายเลย 1 และเป็นจุดมุมดังหมายเลย 2 ทั้งหมดโดยการพิจารณาจากมุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยของแบบชุด

ดังนั้นจากการวิเคราะห์จึงได้เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ ทั้งหมด 3 แบบดังนี้

- เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน

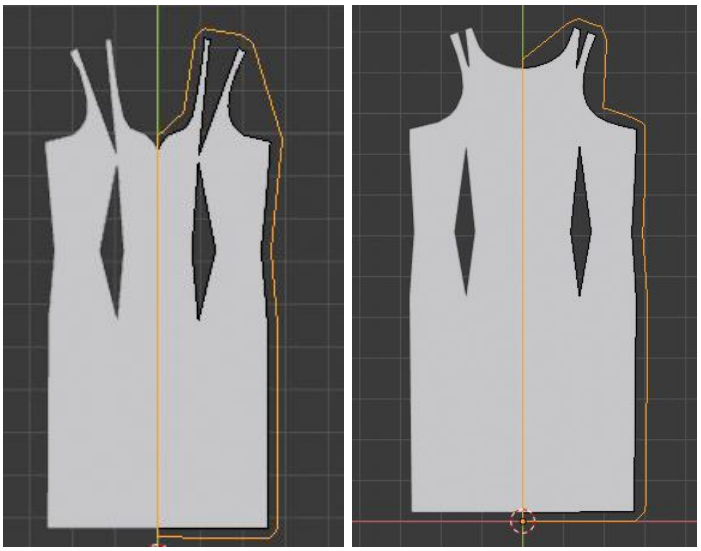
โดยเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 1 สร้างจากการลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุด



ภาพที่ 4-3 เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุโดยพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน

- เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจาก เส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยม

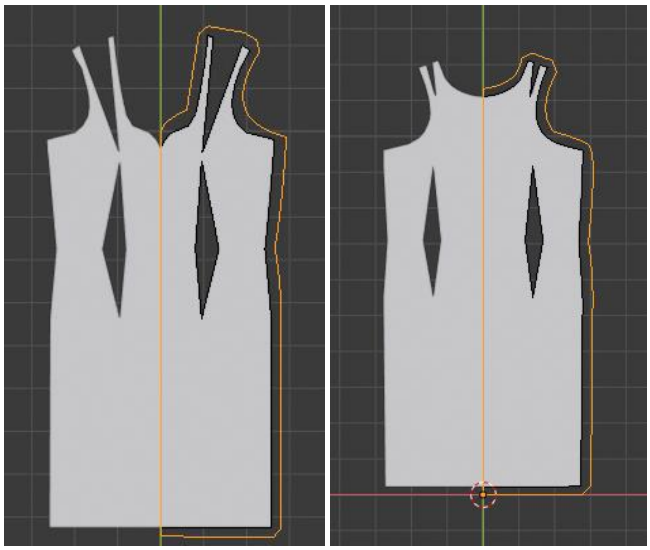
โดยเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยม จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 1 สร้างจากการลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดแรกและจุดสุดท้ายของเส้นโค้งออฟเซ็ต



ภาพที่ 4-4 เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุโดยพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยม

- เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง

  โดยเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 1 และเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 2 สร้างจากการลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดที่ไม่ต่อเนื่องกัน



ภาพที่ 4-5 เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุโดยพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต
แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง

4.3 ผลการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของแบบชุด

เนื่องจากแบบชุดมีสัดส่วนที่สมมาตร ดังนั้นในการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของแบบชุด จึงเก็บข้อมูลเพียงครึ่งชุด โดยตารางที่เป็นสีเขียว จะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 1 และตารางที่เป็นสีเหลือง จะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 2 ดังนี้

4.3.1 ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

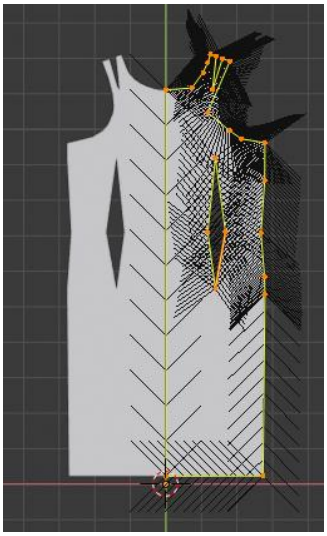
ภาพที่ 4-6 จุดควบคุมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

ตารางที่ 4-1 แสดงจุดควบคุมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

เส้นโค้งเส้นที่	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2
1	0.0000	7.6022	25.8715	7.5900	–	–
2	25.8715	7.5900	25.7114	56.1846	–	–
3	25.7114	56.1846	25.1275	63.9686	24.2737	72.5073
4	24.2737	72.5073	25.7099	85.6863	26.4383	98.0302
5	26.4383	98.0302	20.1000	99.6562	–	–
6	20.1000	99.6562	12.8743	104.3590	20.7174	118.9070
7	20.7174	118.9070	18.9379	120.1240	–	–
8	18.9379	120.1240	9.6688	94.9473	–	–
9	9.6688	94.9473	12.2462	121.9020	–	–
10	12.2462	121.9020	10.9807	122.311	–	–
11	10.9807	122.3110	9.7780	110.7250	8.0207	103.9070
12	8.0207	103.9070	6.4753	101.2790	–	–
13	6.4753	101.2790	2.5545	99.6564	–	–
14	2.5545	99.6564	0.9584	98.3103	0.0000	96.0998
15	0.0000	96.0998	0.0000	7.6022	–	–

เส้นโค้งเส้นที่	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2
16	9.5271	56.2832	13.5472	72.5139	–	–
17	13.5472	72.5139	9.5272	93.1344	–	–
18	9.5272	93.1344	8.0776	72.5146	–	–
19	8.0776	72.5146	9.5271	56.2832	–	–

- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง



ภาพที่ 4-7 จุดควบคุมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

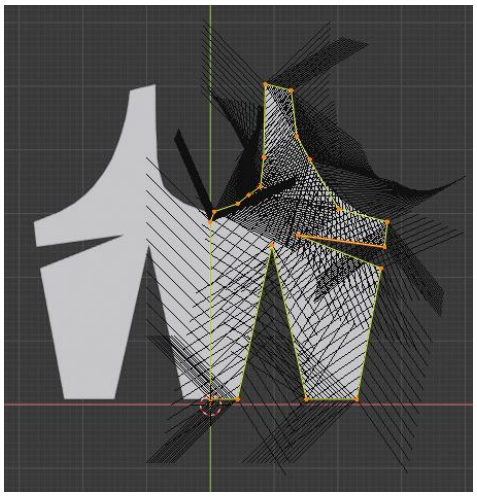
ตารางที่ 4-2 แสดงจุดควบคุมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

เส้นโค้งเส้นที่	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2
1	0.0000	2.2411	27.3090	2.2830	–	–
2	27.3096	2.2830	27.8258	53.5488	–	–
3	27.8258	53.5488	27.7235	58.3441	26.7323	70.7254
4	26.7323	70.7254	27.7668	85.6800	27.8581	96.1891
5	27.8581	96.1891	21.2005	97.3226	17.9356	99.5943
6	17.9356	99.5943	11.7385	104.7370	17.9952	119.1860
7	17.9952	119.1860	15.8869	119.9110	–	–
8	15.8869	119.9110	13.1266	111.1690	–	–
9	13.1266	111.1690	14.1253	120.5740	–	–

เส้นโค้งเส้นที่	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2
10	14.1253	120.5740	12.5390	121.1120	–	–
11	12.5390	121.1120	11.7797	118.8500	10.4602	116.0230
12	10.4602	116.0230	7.2808	111.6350	0.0000	111.1030
13	0.0000	111.1030	0.0000	2.2411	–	–
14	13.9141	55.0865	16.7488	71.0203	–	–
15	16.7488	71.0203	13.9143	91.8953	–	–
16	13.9143	91.8953	11.7670	71.0203	–	–
17	11.7670	71.0203	13.9141	55.0865	–	–

4.3.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

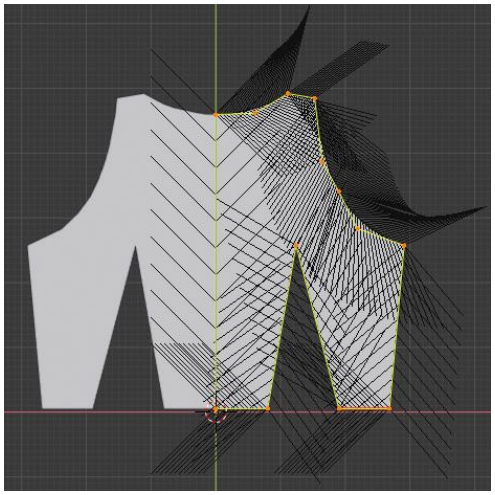


ภาพที่ 4-8 จุดควบคุมของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4-3 แสดงจุดควบคุมของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2
1	0.0000	0.8386	4.2470	0.8386	–	–
2	4.2470	0.8386	9.6577	25.0512	–	–
3	9.6577	25.0512	15.0533	0.8386	–	–
4	15.0533	0.8386	22.9651	0.8386	–	–
5	22.9651	0.8386	26.7897	21.4238	–	–
6	26.7897	21.4238	13.6844	26.6178	–	–
7	13.6844	26.6178	27.3255	24.7479	–	–
8	27.3255	24.7479	27.7585	28.7037	–	–
9	27.7585	28.7037	20.1187	30.6971	15.6001	38.4594
10	15.6001	38.4594	13.5319	42.1585	12.6767	49.3444
11	12.6767	49.3444	8.6102	50.3621	–	–
12	8.6102	50.3621	8.3659	38.9000	–	–
13	8.3659	38.9000	7.8603	34.2522	6.0144	32.9305
14	6.0144	32.9305	4.2942	31.5567	0.6351	30.3159
15	0.6351	30.3159	0.0000	28.7041	–	–
16	0.0000	28.7041	0.0000	0.8386	–	–

- เสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

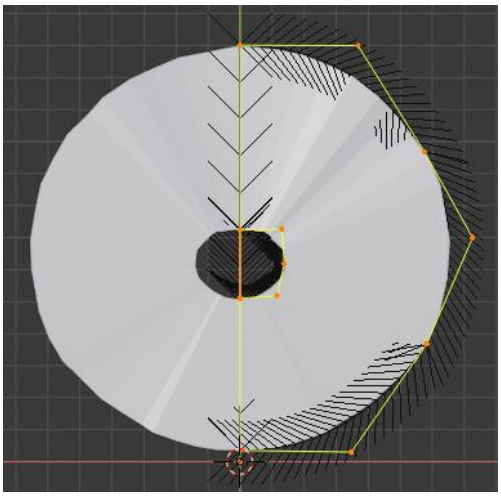


ภาพที่ 4-9 จุดควบคุมของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4–4 แสดงจุดควบคุมของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2
1	0.0000	0.5356	8.0069	0.5356	–	–
2	8.0069	0.5356	12.3934	25.7437	–	–
3	12.3934	25.7437	19.0077	0.5356	–	–
4	19.0077	0.5356	26.8280	0.5357	–	–
5	26.8280	0.5357	29.1033	25.7438	–	–
6	29.1033	25.7438	21.8639	28.3463	18.9999	34.0646
7	18.9999	34.0646	16.4546	38.6772	15.2601	48.4818
8	15.2601	48.4818	11.1127	49.1958	–	–
9	11.1127	49.1958	6.0495	46.1521	0.0000	45.9614
10	0.0000	45.9614	0.0000	0.5356	–	–

- กระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



ภาพที่ 4–10 จุดควบคุมของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4-5 แสดงจุดควบคุมของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2
1	0.0000	3.5021	34.7599	3.00977	58.2093	36.7196
2	58.2093	36.7196	72.6006	69.9787	57.4494	96.9073
3	57.4494	96.9073	36.7908	129.9760	0.0000	130.102
4	0.0000	130.1020	0.0000	3.5021	-	-
5	0.0000	50.9905	11.4785	51.8844	13.8226	61.8679
6	13.8226	61.8679	12.9737	72.6491	0.0000	72.3745
7	0.0000	72.3745	0.0000	50.9905	-	-

4.4 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีของกรีน

จากสูตรการหาพื้นที่ใช้ทฤษฎีของกรีน โดยให้ $f(x,y)=0$ และ $g(x,y)=x$

$$A = \int_c x(t)\,dy$$

$$=(\Delta y_0)\left[\frac{\Delta x_0}{2}+x_0\right]$$

4.4.1 พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

- พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

เส้นโค้งเส้นที่ (i)	P_i		P_i+1		P_i+2		ΔX_i	ΔY_i	Δ^2(X_i)	Δ^2(Y_i)	ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	X_i+1-X_i	Y_i+1-Y_i	X_i+2-2X_i+1+X_i	Y_i+2-2Y_i+1+Y_i		
เส้นโค้งนอก												
1	0.0000	7.6023	25.8715	7.5901	-	-	25.8715	-0.0122	-	-	-0.1577	
2	25.8715	7.5901	25.7114	56.1846	-	-	-0.1601	48.5945	-	-	1253.3229	
5	26.4383	98.0302	20.1000	99.6562	-	-	-6.3383	1.6260	-	-	37.8356	
7	20.7174	118.9070	18.9379	120.1240	-	-	-1.7795	1.2170	-	-	24.1303	
8	18.9379	120.1240	9.6688	94.9473	-	-	-9.2691	-25.1767	-	-	-360.1115	
9	9.6688	94.9473	12.2462	121.9020	-	-	2.5774	26.9547	-	-	295.3565	
10	12.2462	121.9020	10.9807	122.3110	-	-	-1.2655	0.4090	-	-	4.7499	
12	8.0207	103.9070	6.4753	101.2790	-	-	-1.5454	-2.6280	-	-	-19.0478	
13	6.4753	101.2790	2.5546	99.6564	-	-	-3.9207	-1.6226	-	-	-7.3260	
15	0.0000	96.0998	0.0000	7.6023	-	-	0.0000	-88.4975	-	-	0.0000	
3	25.7114	56.1846	25.1275	63.9686	24.2737	72.5073	-0.5839	7.7840	-0.2699	0.7547	408.4993	
4	24.2737	72.5073	25.7099	85.6863	26.4383	98.0302	1.4362	13.1790	-0.7078	-0.8351	649.8682	
6	20.1000	99.6562	12.8743	104.3590	20.7174	118.9070	-7.2257	4.7028	15.0688	9.8452	345.5491	
11	10.9807	122.3110	9.7781	110.7250	8.0207	103.9070	-1.2026	-11.5860	-0.5548	4.7680	-178.9049	
14	2.5546	99.6564	0.9584	98.3103	0.0000	96.0998	-1.5962	-1.3461	0.6377	-0.8644	-3.7967	
พื้นที่ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก											2449.9672	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก											4899.9345	ตารางเซนติเมตร
เส้นโค้งใน												
16	9.5272	56.2832	13.5472	72.5139	-	-	4.0200	16.2307	-	-	187.2568	
17	13.5472	72.5139	9.5273	93.1344	-	-	-4.0199	20.6205	-	-	237.9038	
18	9.5273	93.1344	8.0776	72.5146	-	-	-1.4497	-20.6198	-	-	-181.5047	
19	8.0776	72.5146	9.5272	56.2832	-	-	1.4496	-16.2314	-	-	-142.8752	
พื้นที่ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน											100.7807	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งใน											201.5613	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหน้า											**4698.373155**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-11 ตารางแสดงพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

- พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

เส้นโค้งเส้นที่ (i)	P_i		P_i+1		P_i+2		ΔX_i	ΔY_i	Δ^2(X_i)	Δ^2(Y_i)	ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	X_i+1-X_i	Y_i+1-Y_i	X_i+2-2X_i+1+X_i	Y_i+2-2Y_i+1+Y_i		
เส้นโค้งนอก												
1	0.0000	2.2412	27.3096	2.2830	-	-	27.3096	0.0419	-	-	0.5716	
2	27.3096	2.2830	27.8258	53.5488	-	-	0.5162	51.2658	-	-	1413.2796	
7	17.9952	119.1860	15.8869	119.9110	-	-	-2.1083	0.7250	-	-	12.2823	
8	15.8869	119.9110	13.1266	111.1690	-	-	-2.7603	-8.7420	-	-	-126.8180	
9	13.1266	111.1690	14.1253	120.5740	-	-	0.9987	9.4050	-	-	128.1521	
10	14.1253	120.5740	12.5390	121.1120	-	-	-1.5863	0.5380	-	-	7.1727	
13	0.0000	111.1030	0.0000	2.2412	-	-	0.0000	-108.8618	-	-	0.0000	
3	27.8258	53.5488	27.7235	58.3441	26.7323	70.7254	-0.1023	4.7953	-0.8889	7.5860	469.7235	
4	26.7323	70.7254	27.7668	85.6800	27.8581	96.1891	1.0345	14.9546	-0.9432	-4.4455	698.2056	
5	27.8581	96.1891	21.2005	97.3226	17.9356	99.5943	-6.6576	1.1335	3.3927	1.1382	74.1606	
6	17.9356	99.5943	11.7385	104.7370	17.9952	119.1860	-6.1971	5.1427	12.4538	9.3063	311.4000	
11	12.5390	121.1120	11.7797	118.8500	10.4602	116.0230	-0.7593	-2.2620	-0.5602	-0.5650	-58.8009	
12	10.4602	116.0230	7.2808	111.6350	0.0000	111.1030	-3.1794	-4.3880	-4.1014	3.8560	-35.8177	
พื้นที่ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก											2893.5113	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก											5787.0226	ตารางเซนติเมตร
เส้นโค้งใน												
14	13.9141	55.0865	16.7488	71.0203	-	-	2.8347	15.9338	-	-	244.2883	
15	16.7488	71.0203	13.9143	91.8953	-	-	-2.8345	20.8750	-	-	320.0461	
16	13.9143	91.8953	11.7670	71.0203	-	-	-2.1473	-20.8750	-	-	-268.0486	
17	11.7670	71.0203	13.9141	55.0865	-	-	2.1471	-15.9338	-	-	-204.5988	
พื้นที่ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน											91.6870	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งใน											183.3741	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหลัง											**5603.64854**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-12 ตารางแสดงพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

จากภาพที่ 4-11 และ 4-12 เป็นภาพตารางแสดงพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าและชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง จะเห็นว่าพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า คือพื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งนอกลบด้วยพื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งใน เท่ากับ 4698.3731 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง คือ พื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งนอกลบด้วยพื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งใน เท่ากับ 5603.6485 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นชุดเดรสกระโปรงทรงสอบมีพื้นที่ทั้งหมด 10302.0216 ตารางเซนติเมตร

4.4.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่ (i)	P_i		P_i+1		P_i+2		ΔX_i	ΔY_i	Δ^2(X_i)	Δ^2(Y_i)	ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	X_i+1-X_i	Y_i+1-Y_i	X_i+2-2X_i+1+X_i	Y_i+2-2Y_i+1+Y_i		
1	0.0000	0.8386	4.2470	0.8386	-	-	4.2470	0.0000	-	-	0.0000	
2	4.2470	0.8386	9.6577	25.0512	-	-	5.4107	24.2126	-	-	168.3351	
3	9.6577	25.0512	15.0533	0.8386	-	-	5.3956	-24.2126	-	-	-299.1589	
4	15.0533	0.8386	22.9651	0.8386	-	-	7.9118	0.0000	-	-	0.0002	
5	22.9651	0.8386	26.7897	21.4238	-	-	3.8246	20.5852	-	-	512.1058	
6	26.7897	21.4238	13.6844	26.6178	-	-	-13.1053	5.1940	-	-	105.1112	
7	13.6844	26.6178	27.3255	24.7479	-	-	13.6411	-1.8699	-	-	-38.3422	
8	27.3255	24.7479	27.7585	28.7037	-	-	0.4330	3.9558	-	-	108.9506	
11	12.6767	49.3444	8.6103	50.3621	-	-	-4.0665	1.0177	-	-	10.8319	
12	8.6103	50.3621	8.3660	38.9000	-	-	-0.2443	-11.4621	-	-	-97.2916	
15	0.6351	30.3159	0.0000	28.7041	-	-	-0.6351	-1.6118	-	-	-0.5119	
16	0.0000	28.7041	0.0000	0.8386	-	-	0.0000	-27.8655	-	-	0.0000	
9	27.7585	28.7037	20.1187	30.6971	15.6001	38.4594	-7.6398	1.9934	3.1212	5.7689	194.7317	
10	15.6001	38.4594	13.5319	42.1585	12.6767	49.3444	-2.0682	3.6991	1.2130	3.4868	149.9970	
13	8.3660	38.9000	7.8604	34.2522	6.0144	32.9305	-0.5056	-4.6478	-1.3403	3.3261	-45.5590	
14	6.0144	32.9305	4.2943	31.5567	0.6351	30.3159	-1.7202	-1.3738	-1.9390	0.1330	-9.6572	
พื้นที่ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหน้า											759.5428	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของเสื้อด้านหน้า											**1519.0856**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-13 ตารางแสดงพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่ (i)	P_i		P_i+1		P_i+2		ΔX_i	ΔY_i	Δ^2(X_i)	Δ^2(Y_i)	ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	X_i+1-X_i	Y_i+1-Y_i	X_i+2-2X_i+1+X_i	Y_i+2-2Y_i+1+Y_i		
1	0.0000	0.5357	8.0069	0.5357	-	-	8.0069	0.0000	-	-	0.0000	
2	8.0069	0.5357	12.3934	25.7437	-	-	4.3865	25.2080	-	-	257.1258	
3	12.3934	25.7437	19.0077	0.5357	-	-	6.6143	-25.2080	-	-	-395.7795	
4	19.0077	0.5357	26.8280	0.5357	-	-	7.8203	0.0000	-	-	0.0002	
5	26.8280	0.5357	29.1033	25.7438	-	-	2.2753	25.2081	-	-	704.9607	
8	15.2601	48.4818	11.1127	49.1958	-	-	-4.1474	0.7140	-	-	9.4151	
10	0.0000	45.9614	0.0000	0.5357	-	-	0.0000	-45.4257	-	-	0.0000	
6	29.1033	25.7438	21.8639	28.3463	18.9999	34.0646	-7.2394	2.6025	4.3754	3.1158	188.8141	
7	18.9999	34.0646	16.4546	38.6772	15.2601	48.4818	-2.5453	4.6126	1.3508	5.1920	240.4847	
9	11.1127	49.1958	6.0495	46.1521	0.0000	45.9614	-5.0632	-3.0437	-0.9864	2.8530	-23.7873	
พื้นที่ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหลัง											981.2338	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของเสื้อด้านหลัง											**1962.4675**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-14 ตารางแสดงพื้นที่เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่ (i)	P_i		P_i+1		P_i+2		ΔX_i	ΔY_i	Δ^2(X_i)	Δ^2(Y_i)	ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	X_i+1-X_i	Y_i+1-Y_i	X_i+2-2X_i+1+X_i	Y_i+2-2Y_i+1+Y_i		
เส้นโค้งนอก												
1	0.0000	3.5021	34.7599	3.0098	58.2093	36.7196	34.7599	-0.4923	-11.3105	34.2022	1361.2154	
2	58.2093	36.7196	72.6006	69.9787	57.4494	96.9073	14.3913	33.2591	-29.5425	-6.3305	3777.7665	
3	57.4494	96.9073	36.7908	129.9760	0.0000	130.1020	-20.6586	33.0687	-16.1322	-32.9427	1358.1814	
4	0.0000	130.1020	0.0000	3.5021	-	-	0.0000	-126.5999	-	-	0.0000	
พื้นที่ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก											6497.1634	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก											12994.3268	ตารางเซนติเมตร
เส้นโค้งใน												
5	0.0000	50.9905	11.4785	51.8844	13.8226	61.8679	11.4785	0.8939	-9.1344	9.0896	112.6770	
6	13.8226	61.8679	12.9737	72.6491	0.0000	72.3745	-0.8489	10.7812	-12.1248	-11.0558	119.3160	
7	0.0000	72.3745	0.0000	50.9905	-	-	0.0000	-21.3840	-	-	0.0000	
พื้นที่ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน											231.9930	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งใน											463.9861	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของกระโปรง											**12530.3407**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-15 ตารางแสดงพื้นที่กระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

จากภาพที่ 4-13, 4-14 และ 4-15 เป็นภาพตารางแสดงพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน และกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบานจะเห็นว่าพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เท่ากับ 1519.0856 ตารางเซนติเมตร พื้นที่เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เท่ากับ 1962.4675 ตารางเซนติเมตร ฉะนั้นเสื้อของชุดเดรสกระโปรงทรงบานมีพื้นที่ทั้งหมด 3481.5531 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน คือพื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งนอกลบด้วยพื้นที่ทั้งหมดของเส้นโค้งใน เท่ากับ 12530.3407 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นชุดเดรสกระโปรงทรงบานมีพื้นที่ทั้งหมด 16011.8938 ตารางเซนติเมตร

4.5 ผลการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจาก จุดมุม และจุดเปลี่ยน

เนื่องจากแบบชุดมีสัดส่วนที่สมมาตร ดังนั้นในการเก็บข้อมูลจุดเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจาก จุดมุม และ จุดเปลี่ยนของแบบชุดจึงเก็บข้อมูลเพียงครึ่งชุด โดยตารางที่เป็นสีเขียว จะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 1 และตารางที่เป็นสีเหลือง จะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 2 ดังนี้

4.5.1 ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

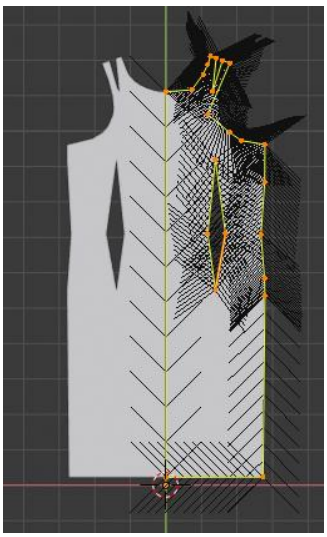
- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

ภาพที่ 4–16 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

ตารางที่ 4-6 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
เส้นโค้งนอก					
1	0.0000	7.6023	25.8715	7.5901	-98.3412
2	25.8715	7.5901	25.7114	56.1846	629.2140
3	25.7114	56.1846	26.4383	98.0302	517.5342
4	26.4383	98.0302	20.1000	99.6562	332.1667
5	20.1000	99.6562	20.7174	118.9070	162.7067
6	20.7174	118.9070	18.9379	120.1240	118.4040
7	18.9379	120.1240	9.6804	95.0490	318.5918
8	9.6804	95.0490	12.2462	121.9020	8.0337
8	12.2462	121.9020	10.9807	122.3110	79.6378
9	10.9807	122.3110	8.0207	103.9070	79.9747
10	8.0207	103.9070	6.4753	101.2790	69.7497
11	6.4753	101.2790	2.5546	99.6564	193.2909
12	2.5546	99.6564	0.0000	96.0998	122.7473
13	0.0000	96.0998	0.0000	7.6023	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก					**2533.7104**
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก					**5067.4208**
เส้นโค้งใน					
14	9.6172	56.4840	13.5900	72.5516	-34.9361
15	13.5900	72.5516	9.5289	92.8569	285.2927
16	9.5289	92.8569	8.1637	72.1455	-35.2910
17	8.1637	72.1455	9.6172	56.4840	-116.3618
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน					98.7038
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน					197.4076
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหน้า					**4870.0133**

- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง



ภาพที่ 4-17 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

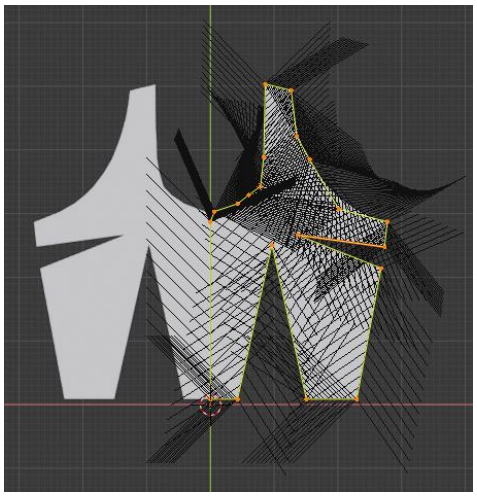
ตารางที่ 4-7 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
เส้นโค้งนอก					
1	0.0000	2.2412	27.3096	2.2830	-30.6026
2	27.3096	2.2830	27.8258	53.5488	699.4347
3	27.8258	53.5488	27.8581	96.1891	592.3854
4	27.8581	96.1891	21.2005	97.3226	335.9829
5	21.2005	97.3226	17.9356	99.5943	182.9549
6	17.9356	99.5943	17.9952	119.1860	172.7265
7	17.9952	119.1860	16.0083	119.9180	124.9916
8	16.0083	119.9180	13.0790	111.2440	106.2099
9	13.0790	111.2440	14.1143	120.5300	3.1403
10	14.1143	120.5300	12.5390	121.0330	98.4852
11	12.5390	121.1120	10.4602	116.0230	93.9783

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i	Y_i	
12	10.4602	116.0230	0.0000	111.1030	581.0798
13	0.0000	111.1030	0.0000	2.2412	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก					**2960.7670**
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก					**5921.5339**
เส้นโค้งใน					
14	13.8881	55.3056	16.8361	71.043	27.7608
15	16.8361	71.043	13.8698	91.3392	276.2219
16	13.8698	91.3392	11.9963	70.8869	-56.2727
17	11.9963	70.8869	13.8881	55.3056	-160.5109
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน					87.1991
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน					174.3983
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหลัง					**5747.1356**

4.5.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

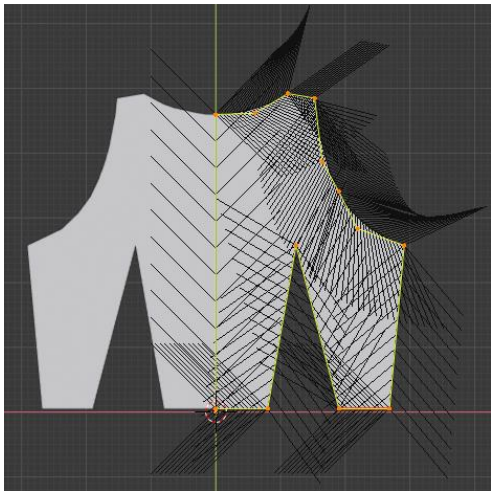


ภาพที่ 4-18 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4-8 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
1	0.0000	0.8386	15.0533	0.8386	-6.3119
2	15.0533	0.8386	22.9651	0.8386	-3.3174
3	22.9651	0.8386	26.9245	21.2890	233.1623
4	26.9245	21.2890	13.7896	26.5588	210.7578
5	13.7896	26.5588	27.3747	24.7388	-192.9505
6	27.3747	24.7388	27.7585	28.7037	49.5216
7	27.7585	28.7037	15.6001	38.4594	309.8973
8	15.6001	38.4594	12.6767	49.3444	141.1196
9	12.6767	49.3444	8.6103	50.3621	106.7788
10	8.6103	50.3621	8.3660	38.9000	-43.1948
11	8.3660	38.9000	6.0144	32.9305	20.7671
12	6.0144	32.9305	0.6351	30.3159	80.7089
13	0.6351	30.3159	0.0000	28.7041	9.1155
14	0.0000	28.7041	0.0000	0.8386	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหน้า					916.0544
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหน้า					1832.1088

- เสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

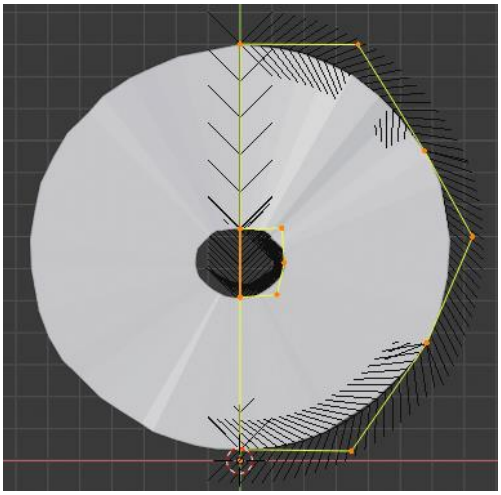


ภาพที่ 4-19 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4-9 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
1	0.0000	0.5357	8.0565	0.5357	-2.1579
2	8.0565	0.5357	12.3621	25.5269	99.5177
3	12.3621	25.5269	18.9141	0.5357	-238.0980
4	18.9141	0.5357	26.8280	0.5357	-2.1196
5	26.8280	0.5357	29.1033	25.7438	337.5319
6	29.1033	25.7438	18.9999	34.0646	251.1313
7	18.9999	34.0646	15.2601	48.4818	200.6601
8	15.2601	48.4818	11.1127	49.1958	105.9846
9	11.1127	49.1958	0.0000	45.9614	255.3776
10	0.0000	45.9614	0.0000	0.5357	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหลัง					1007.8276
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหลัง					2015.6553

- กระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



ภาพที่ 4–20 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4–10 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
เส้นโค้งนอก					
1	0.0000	3.5021	65.3986	3.0098	–114.5162
2	65.3986	3.0098	65.3986	69.9787	2189.8371
3	65.3986	69.9787	65.3986	129.9760	1961.8697
4	65.3986	129.9760	0.0000	130.1020	4254.2443
5	0.0000	130.1020	0.0000	3.5021	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก					8291.4350
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก					16582.8699

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i	Y_i	
เส้นโค้งใน					
6	0.0000	51.0914	13.9526	51.2479	-356.4289
7	13.9526	51.2479	13.9526	72.1516	145.8305
8	13.9526	72.1516	0.0000	72.2290	503.8912
9	0.0000	72.2290	0.0000	51.0914	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน					293.2927
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน					586.5854
พื้นที่ทั้งหมดของกระโปรง					15996.2845

4.6 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยน

4.6.1 พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

- พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1		
เส้นโค้งนอก						
1	0.0000	7.6023	25.8715	7.5901	-98.3412	
2	25.8715	7.5901	25.7114	56.1846	629.2140	
3	25.7114	56.1846	26.4383	98.0302	517.5342	
4	26.4383	98.0302	20.1000	99.6562	332.1667	
5	20.1000	99.6562	20.7174	118.9070	162.7067	
6	20.7174	118.9070	18.9379	120.1240	118.4040	
7	18.9379	120.1240	9.6804	95.0490	318.5918	
8	9.6804	95.0490	12.2462	121.9020	8.0337	
8	12.2462	121.9020	10.9807	122.3110	79.6378	
9	10.9807	122.3110	8.0207	103.9070	79.9747	
10	8.0207	103.9070	6.4753	101.2790	69.7497	
11	6.4753	101.2790	2.5546	99.6564	193.2909	
12	2.5546	99.6564	0.0000	96.0998	122.7473	
13	0.0000	96.0998	0.0000	7.6023	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก					2533.7104	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก					5067.4208	ตารางเซนติเมตร
เส้นโค้งใน						
14	9.6172	56.4840	13.5900	72.5516	-34.9361	
15	13.5900	72.5516	9.5289	92.8569	285.2927	
16	9.5289	92.8569	8.1637	72.1455	-35.2910	
17	8.1637	72.1455	9.6172	56.4840	-116.3618	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน					98.7038	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน					197.4076	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหน้า					**4870.0133**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-21 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

- พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1		
เส้นโค้งนอก						
1	0.0000	2.2412	27.3096	2.2830	-30.6026	
2	27.3096	2.2830	27.8258	53.5488	699.4347	
3	27.8258	53.5488	27.8581	96.1891	592.3854	
4	27.8581	96.1891	21.2005	97.3226	335.9829	
5	21.2005	97.3226	17.9356	99.5943	182.9549	
6	17.9356	99.5943	17.9952	119.1860	172.7265	
7	17.9952	119.1860	16.0083	119.9180	124.9916	
8	16.0083	119.9180	13.0790	111.2440	106.2099	
9	13.0790	111.2440	14.1143	120.5300	3.1403	
10	14.1143	120.5300	12.5390	121.0330	98.4852	
11	12.5390	121.1120	10.4602	116.0230	93.9783	
12	10.4602	116.0230	0.0000	111.1030	581.0798	
13	0.0000	111.1030	0.0000	2.2412	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก					2960.7670	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก					5921.5339	ตารางเซนติเมตร
เส้นโค้งใน						
14	13.8881	55.3056	16.8361	71.043	27.7608	
15	16.8361	71.043	13.8698	91.3392	276.2219	
16	13.8698	91.3392	11.9963	70.8869	-56.2727	
17	11.9963	70.8869	13.8881	55.3056	-160.5109	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน					87.1991	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน					174.3983	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหลัง					**5747.1356**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-22 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

จากภาพที่ 4-21 และ 4-22 เป็นภาพตารางแสดงพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าและชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง จะเห็นว่าพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า เท่ากับ 4870.0133 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง เท่ากับ 5747.1356 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นชุดเดรสกระโปรงทรงสอบมีพื้นที่ทั้งหมด 10617.1489 ตารางเซนติเมตร เมื่อคิดเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ สำหรับชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ จะได้เท่ากับ 3.0588 %

4.6.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1		
1	0.0000	0.8386	15.0533	0.8386	-6.3119	
2	15.0533	0.8386	22.9651	0.8386	-3.3174	
3	22.9651	0.8386	26.9245	21.2890	233.1623	
4	26.9245	21.2890	13.7896	26.5588	210.7578	
5	13.7896	26.5588	27.3747	24.7388	-192.9505	
6	27.3747	24.7388	27.7585	28.7037	49.5216	
7	27.7585	28.7037	15.6001	38.4594	309.8973	
8	15.6001	38.4594	12.6767	49.3444	141.1196	
9	12.6767	49.3444	8.6103	50.3621	106.7788	
10	8.6103	50.3621	8.3660	38.9000	-43.1948	
11	8.3660	38.9000	6.0144	32.9305	20.7671	
12	6.0144	32.9305	0.6351	30.3159	80.7089	
13	0.6351	30.3159	0.0000	28.7041	9.1155	
14	0.0000	28.7041	0.0000	0.8386	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหน้า					916.0544	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหน้า					1832.1088	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-23 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1		
1	0.0000	0.5357	8.0565	0.5357	-2.1579	
2	8.0565	0.5357	12.3621	25.5269	99.5177	
3	12.3621	25.5269	18.9141	0.5357	-238.0980	
4	18.9141	0.5357	26.8280	0.5357	-2.1196	
5	26.8280	0.5357	29.1033	25.7438	337.5319	
6	29.1033	25.7438	18.9999	34.0646	251.1313	
7	18.9999	34.0646	15.2601	48.4818	200.6601	
8	15.2601	48.4818	11.1127	49.1958	105.9846	
9	11.1127	49.1958	0.0000	45.9614	255.3776	
10	0.0000	45.9614	0.0000	0.5357	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหลัง					1007.8276	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหลัง					2015.6553	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-24 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1		
เส้นโค้งนอก						
1	0.0000	3.5021	65.3986	3.0098	-114.5162	
2	65.3986	3.0098	65.3986	69.9787	2189.8371	
3	65.3986	69.9787	65.3986	129.9760	1961.8697	
4	65.3986	129.9760	0.0000	130.1020	4254.2443	
5	0.0000	130.1020	0.0000	3.5021	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก					8291.4350	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก					16582.8699	ตารางเซนติเมตร
เส้นโค้งใน						
6	0.0000	51.0914	13.9526	51.2479	-356.4289	
7	13.9526	51.2479	13.9526	72.1516	145.8305	
8	13.9526	72.1516	0.0000	72.2290	503.8912	
9	0.0000	72.2290	0.0000	51.0914	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน					293.2927	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน					586.5854	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของกระโปรง					**15996.2845**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-25 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ พิจารณาจากจุดมุม และจุดเปลี่ยนของกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

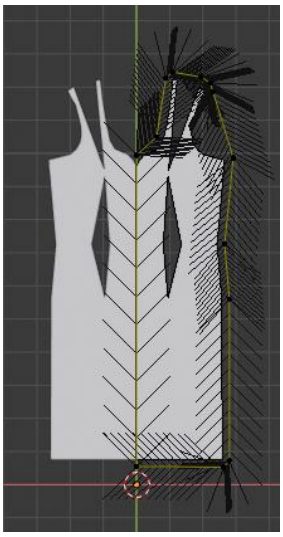
จากภาพที่ 4-23, 4-24 และ 4-25 เป็นภาพตารางแสดงพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน และกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน จะเห็นว่าพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เท่ากับ 1832.1088 ตารางเซนติเมตร พื้นที่เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เท่ากับ 2015.6553 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรง เท่ากับ 15996.2845 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นชุดเดรสกระโปรงทรงบานมีพื้นที่ทั้งหมด 19844.0486 ตารางเซนติเมตร เมื่อคิดเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ สำหรับชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ จะได้เท่ากับ 22.8608 % ซึ่งเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับค่า d หรือระยะห่างที่น้อยที่สุดของเส้นโค้งออฟเซ็ต

4.7 ผลการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจาก เส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยม

เนื่องจากแบบชุดมีสัดส่วนที่สมมาตร ดังนั้นในการเก็บข้อมูลจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของแบบชุดจึงเก็บข้อมูลเพียงครึ่งชุด โดยตารางที่เป็นสีเขียว จะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 1 และตารางที่เป็นสีเหลือง จะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 2 ดังนี้

4.7.1 ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า



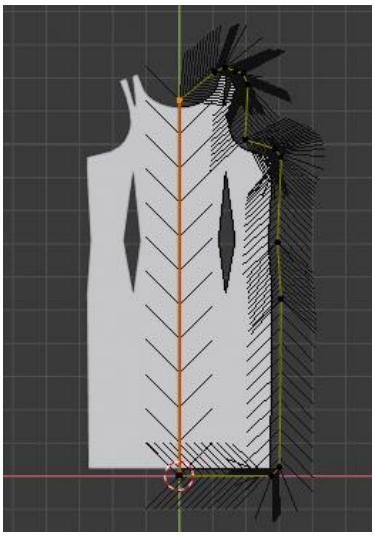
ภาพที่ 4–26 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจาก เส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

ตารางที่ 4–11 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

เส้นโค้ง เส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการ คำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
1	0.0000	5.4919	26.2448	5.2723	-72.0674
2	26.2448	5.2723	28.0022	7.2494	21.3116
3	28.0022	7.2494	28.0022	56.0177	682.8104
4	28.0022	56.0177	26.5810	72.7132	273.5615
5	26.5810	72.7132	29.2171	98.6352	248.6767
6	29.2171	98.6352	23.0661	118.6260	595.3892
7	23.0661	118.6260	22.2491	121.2620	78.8598

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
8	22.2491	121.2620	19.4723	123.0190	187.9060
8	19.4723	123.0190	11.0118	124.4910	534.7327
9	11.0118	124.4910	8.8783	122.7990	123.4873
10	8.8783	122.7990	6.0826	104.9210	92.2881
11	6.0826	104.9210	0.0000	99.4142	302.3494
12	0.0000	99.4142	0.0000	5.4919	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหน้า					3069.3053
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหน้า					6138.6107

- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง



ภาพที่ 4-27 จุดควบคุม เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

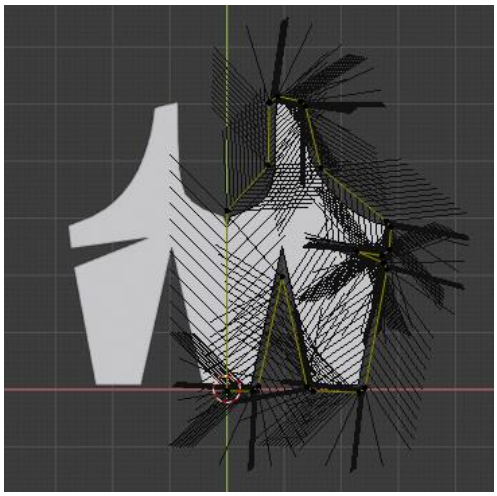
ตารางที่ 4-12 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
1	0.0000	0.1181	27.6394	0.0577	-1.6321
2	27.6394	0.0577	30.1194	2.6558	35.8341

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i	Y_i	
3	30.1194	2.6558	30.6296	53.3339	762.5192
4	30.6296	53.3339	29.4205	70.4052	293.6866
5	29.4205	70.4052	30.6109	96.0844	335.8423
6	30.6109	96.0844	28.7403	98.6353	128.9104
7	28.7403	98.6353	19.7271	101.3560	483.6067
8	19.7271	101.3560	20.5773	118.0220	121.2995
9	20.5773	118.0220	19.2134	121.2590	113.7895
10	16.8730	121.9670	13.6843	123.2660	205.4171
11	13.6843	123.2660	10.7319	121.8490	172.2699
12	10.7319	121.8490	0.0000	113.2560	607.7260
13	0.0000	113.2560	0.0000	0.1181	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของของชุดเดรสด้านหลัง					3259.2692
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของของชุดเดรสด้านหลัง					6518.5385

4.7.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

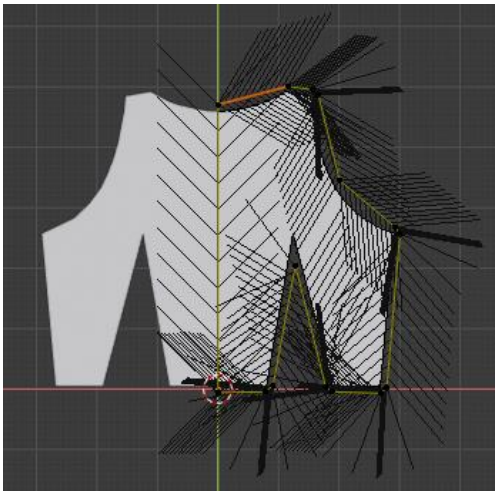


ภาพที่ 4-28 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4–13 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
1	0.0000	-0.2167	4.4643	-0.3250	0.4836
2	4.4643	-0.3250	5.4935	0.5958	2.2227
3	5.4935	0.5958	9.6643	19.7168	51.2774
4	9.6643	19.7168	13.9977	0.5417	-135.3775
5	13.9977	0.5417	15.0810	-0.2167	-5.6009
6	15.0810	-0.2167	23.0978	-0.5417	-1.5822
7	23.0978	-0.5417	24.1811	0.3250	10.3025
8	24.1811	0.3250	28.0270	21.0710	250.2055
9	28.0270	21.0710	27.3770	22.2085	22.7884
10	27.3770	22.2085	22.7728	24.1585	77.8188
11	22.7728	24.1585	27.1603	23.4544	-61.0149
12	27.1603	23.4544	28.4061	24.4835	-0.6344
13	28.4061	24.4835	28.6770	28.3836	52.0770
14	28.6770	28.3836	27.9186	29.4669	26.2960
15	27.9186	29.4669	16.3801	38.8443	300.9039
16	16.3801	38.8443	13.7593	49.6084	139.0601
17	13.7593	49.6084	12.9316	50.4508	26.3259
18	12.9316	50.4508	8.9067	51.3868	107.5812
19	8.9067	51.3868	7.4091	50.2636	33.4767
20	7.4091	50.2636	7.2219	39.2187	-36.2118
21	7.2219	39.2187	0.0000	31.2538	112.8561
22	0.0000	31.2538	0.0000	-0.2167	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหน้า					973.2541
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหน้า					1946.5082

- เสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



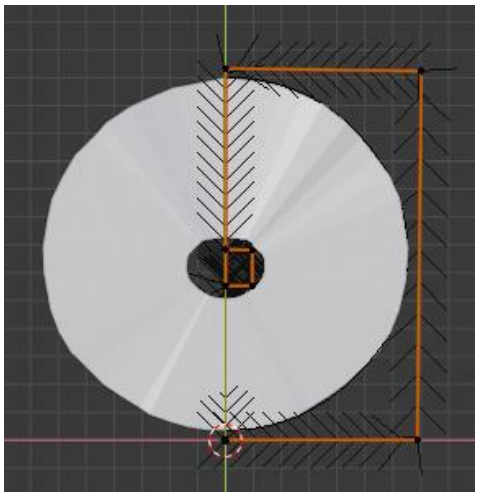
ภาพที่ 4-29 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4-14 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
1	0.0000	-0.5681	7.8621	-0.4545	2.2332
2	7.8621	-0.4545	9.1034	0.5681	4.3018
3	9.1034	0.5681	12.7890	20.4513	89.4552
4	12.7890	20.4513	17.7882	0.3409	-179.7163
5	17.7882	0.3409	18.8108	-0.4545	-7.2480
6	18.8108	-0.4545	26.8777	-0.6817	-0.3041
7	26.8777	-0.6817	27.9003	0.2272	12.5638
8	27.9003	0.2272	30.0590	25.6778	354.7939
9	30.0590	25.6778	29.2637	26.8140	27.2873
10	29.2637	26.8140	20.1105	34.5400	235.7626
11	20.1105	34.5400	16.5694	48.6666	203.2013
12	16.5694	48.6666	15.6538	49.5187	29.3390

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
13	15.6538	49.5187	11.5825	50.0868	105.2492
14	11.5825	50.0868	0.0000	47.0570	272.5189
15	0.0000	47.0570	0.0000	-0.5681	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหลัง					1149.4377
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหลัง					2298.8753

- กระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



ภาพที่ 4-30 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4–15 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	
เส้นโค้งนอก					
1	0.0000	0.0000	68.7306	0.0000	0.0000
2	68.7306	0.0000	70.1795	132.3300	4547.5601
3	70.1795	132.3300	0.0000	133.2950	4677.2882
4	0.0000	133.2950	0.0000	0.0000	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก					9224.8484
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก					18449.6968
เส้นโค้งใน					
5	0.0000	55.3436	9.5492	55.3436	-264.2424
6	9.5492	55.3436	9.5492	68.1535	61.1619
7	9.5492	68.1535	0.0000	68.3864	326.5163
8	0.0000	68.3864	0.0000	55.3436	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน					123.4358
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน					246.8716
พื้นที่ทั้งหมดของกระโปรง					**18202.8252**

4.8 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยม

4.8.1 พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

- พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1		
1	0.0000	5.4919	26.2448	5.2723	-72.0674	
2	26.2448	5.2723	28.0022	7.2494	21.3116	
3	28.0022	7.2494	28.0022	56.0177	682.8104	
4	28.0022	56.0177	26.5810	72.7132	273.5615	
5	26.5810	72.7132	29.2171	98.6352	248.6767	
6	29.2171	98.6352	23.0661	118.6260	595.3892	
7	23.0661	118.6260	22.2491	121.2620	78.8598	
8	22.2491	121.2620	19.4723	123.0190	187.9060	
8	19.4723	123.0190	11.0118	124.4910	534.7327	
9	11.0118	124.4910	8.8783	122.7990	123.4873	
10	8.8783	122.7990	6.0826	104.9210	92.2881	
11	6.0826	104.9210	0.0000	99.4142	302.3494	
12	0.0000	99.4142	0.0000	5.4919	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหน้า					3069.3053	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหน้า					6138.6107	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-31 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

- พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1		
1	0.0000	0.1181	27.6394	0.0577	-1.6321	
2	27.6394	0.0577	30.1194	2.6558	35.8341	
3	30.1194	2.6558	30.6296	53.3339	762.5192	
4	30.6296	53.3339	29.4205	70.4052	293.6866	
5	29.4205	70.4052	30.6109	96.0844	335.8423	
6	30.6109	96.0844	28.7403	98.6353	128.9104	
7	28.7403	98.6353	19.7271	101.3560	483.6067	
8	19.7271	101.3560	20.5773	118.0220	121.2995	
9	20.5773	118.0220	19.2134	121.2590	113.7895	
10	16.8730	121.9670	13.6843	123.2660	205.4171	
11	13.6843	123.2660	10.7319	121.8490	172.2699	
12	10.7319	121.8490	0.0000	113.2560	607.7260	
13	0.0000	113.2560	0.0000	0.1181	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของของชุดเดรสด้านหลัง					3259.2692	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของของชุดเดรสด้านหลัง					6518.5385	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-32 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

จากภาพที่ 4-31 และ 4-32 เป็นภาพตารางแสดงพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าและชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง จะเห็นว่าพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า เท่ากับ 6138.6107 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลังเท่ากับ 6518.5385 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นชุดเดรสกระโปรงทรงสอบมีพื้นที่ทั้งหมด 10617.1489 ตารางเซนติเมตร เมื่อคิดเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ สำหรับชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ จะได้เท่ากับ 22.8608 % ซึ่งเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับค่า d หรือระยะห่างที่น้อยที่สุดของเส้นโค้งออฟเซ็ต

4.8.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_0		P_1		ผลการคำนวณ	
	X_0	Y_0	X_1	Y_1		
1	0.0000	-0.2167	4.4643	-0.3250	0.4836	
2	4.4643	-0.3250	5.4935	0.5958	2.2227	
3	5.4935	0.5958	9.6643	19.7168	51.2774	
4	9.6643	19.7168	13.9977	0.5417	-135.3775	
5	13.9977	0.5417	15.0810	-0.2167	-5.6009	
6	15.0810	-0.2167	23.0978	-0.5417	-1.5822	
7	23.0978	-0.5417	24.1811	0.3250	10.3025	
8	24.1811	0.3250	28.0270	21.0710	250.2055	
9	28.0270	21.0710	27.3770	22.2085	22.7884	
10	27.3770	22.2085	22.7728	24.1585	77.8188	
11	22.7728	24.1585	27.1603	23.4544	-61.0149	
12	27.1603	23.4544	28.4061	24.4835	-0.6344	
13	28.4061	24.4835	28.6770	28.3836	52.0770	
14	28.6770	28.3836	27.9186	29.4669	26.2960	
15	27.9186	29.4669	16.3801	38.8443	300.9039	
16	16.3801	38.8443	13.7593	49.6084	139.0601	
17	13.7593	49.6084	12.9316	50.4508	26.3259	
18	12.9316	50.4508	8.9067	51.3868	107.5812	
19	8.9067	51.3868	7.4091	50.2636	33.4767	
20	7.4091	50.2636	7.2219	39.2187	-36.2118	
21	7.2219	39.2187	0.0000	31.2538	112.8561	
22	0.0000	31.2538	0.0000	-0.2167	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหน้า					973.2541	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหน้า					1946.5082	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-33 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_0		P_1		ผลการคำนวณ	
	X_0	Y_0	X_1	Y_1		
1	0.0000	-0.5681	7.8621	-0.4545	2.2332	
2	7.8621	-0.4545	9.1034	0.5681	4.3018	
3	9.1034	0.5681	12.7890	20.4513	89.4552	
4	12.7890	20.4513	17.7882	0.3409	-179.7163	
5	17.7882	0.3409	18.8108	-0.4545	-7.2480	
6	18.8108	-0.4545	26.8777	-0.6817	-0.3041	
7	26.8777	-0.6817	27.9003	0.2272	12.5638	
8	27.9003	0.2272	30.0590	25.6778	354.7939	
9	30.0590	25.6778	29.2637	26.8140	27.2873	
10	29.2637	26.8140	20.1105	34.5400	235.7626	
11	20.1105	34.5400	16.5694	48.6666	203.2013	
12	16.5694	48.6666	15.6538	49.5187	29.3390	
13	15.6538	49.5187	11.5825	50.0868	105.2492	
14	11.5825	50.0868	0.0000	47.0570	272.5189	
15	0.0000	47.0570	0.0000	-0.5681	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหลัง					1149.4377	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหลัง					2298.8753	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-34 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_0		P_1		ผลการคำนวณ	
	X_0	Y_0	X_1	Y_1		
เส้นโค้งนอก						
1	0.0000	0.0000	68.7306	0.0000	0.0000	
2	68.7306	0.0000	70.1795	132.3300	4547.5601	
3	70.1795	132.3300	0.0000	133.2950	4677.2882	
4	0.0000	133.2950	0.0000	0.0000	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก					9224.8484	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก					18449.6968	ตารางเซนติเมตร
เส้นโค้งใน						
6	0.0000	55.3436	9.5492	55.3436	-264.2424	
7	9.5492	55.3436	9.5492	68.1535	61.1619	
8	9.5492	68.1535	0.0000	68.3864	326.5163	
9	0.0000	68.3864	0.0000	55.3436	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน					123.4358	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน					246.8716	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของกระโปรง					**18202.8252**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-35 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

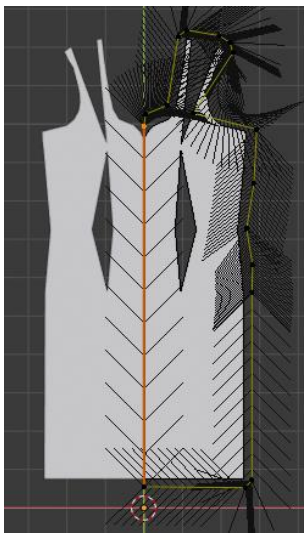
จากภาพที่ 4-33, 4-34 และ 4-35 เป็นภาพตารางแสดงพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน และกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน จะเห็นว่าพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เท่ากับ 1832.1088 ตารางเซนติเมตร พื้นที่เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เท่ากับ 2015.6553 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรง เท่ากับ 15996.2845 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นชุดเดรสกระโปรงทรงบานมีพื้นที่ทั้งหมด 19844.0486 ตารางเซนติเมตร เมื่อคิดเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ สำหรับชุดเดรสกระโปรงทรงบาน จะได้เท่ากับ 32.7754 % ซึ่งเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับค่า d หรือระยะห่างที่น้อยที่สุดของเส้นโค้งออฟเซ็ต

4.9 ผลการเก็บข้อมูลจุดควบคุมของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง

เนื่องจากแบบชุดมีสัดส่วนที่สมมาตร ดังนั้นในการเก็บข้อมูลจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของแบบชุดจึงเก็บข้อมูลเพียงครึ่งชุดโดยตารางที่เป็นสีเขียว จะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 1 และตารางที่เป็นสีเหลือง จะเป็นเส้นโค้งเบซิเยร์อันดับที่ 2 ดังนี้

4.9.1 ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

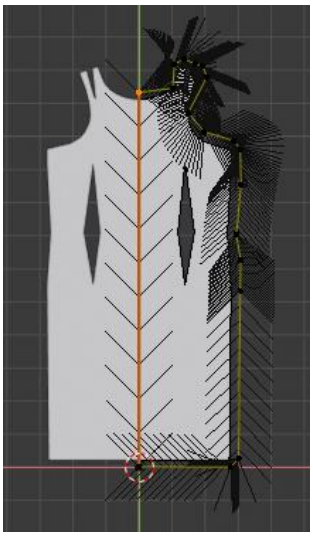


ภาพที่ 4-36 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

ตารางที่ 4-16 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	
1	0.0000	5.4919	26.2448	5.2723	-	-	-72.0674
2	26.2448	5.2723	28.0022	7.2494	-	-	21.3116
3	28.0022	7.2494	28.0022	56.0177	-	-	682.8104
4	28.0022	56.0177	28.1472	63.2671	26.5810	72.7132	459.8881
5	26.5810	72.7132	28.4874	84.5758	29.2171	98.6352	729.2481
6	29.2171	98.6352	12.8379	102.8090	23.0661	118.6260	422.0047
7	23.0661	118.6260	22.2491	121.2620	-	-	78.8598
8	22.2491	121.2620	19.4723	123.0190	-	-	187.9060
8	19.4723	123.0190	11.0118	124.4910	-	-	534.7327
9	11.0118	124.4910	8.8783	122.7990	-	-	123.4873
10	8.8783	122.7990	6.0826	104.9210	-	-	92.2881
11	6.0826	104.9210	0.3864	102.5550	0.0000	99.4142	-11.0891
12	0.0000	99.4142	0.0000	5.4919	-	-	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหน้า							3249.3803
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหน้า							6498.7607

- ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง



ภาพที่ 4-37 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

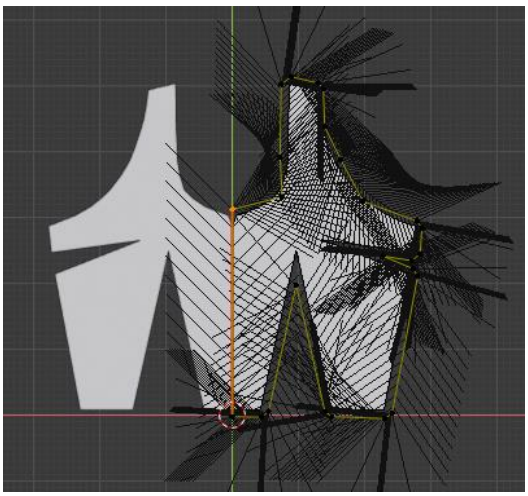
ตารางที่ 4-17 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

เส้นโค้ง	P_i		P_i+1		P_i+2		**ผลการ**
เส้นที่	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	**คำนวณ**
1	0.0000	0.1181	27.6394	0.0577	-	-	-1.6321
2	27.6394	0.0577	30.1194	2.6558	-	-	35.8341
3	30.1194	2.6558	30.6296	53.3339	-	-	762.5192
4	30.6296	53.3339	30.7321	62.5824	29.4205	70.4052	516.8774
5	29.4205	70.4052	30.8610	85.3705	30.6109	96.0844	777.1712
6	30.6109	96.0844	28.7403	98.6353	-	-	128.9104
7	28.7403	98.6353	19.7271	101.3560	-	-	483.6067
8	19.7271	101.3560	14.8907	107.1380	20.5773	118.0220	307.3501
9	20.5773	118.0220	19.2134	121.2590	-	-	113.7895
10	19.2134	121.2590	16.8730	121.9670	-	-	148.6988
11	16.8730	121.9670	13.6843	123.2660	-	-	205.4171
12	13.6843	123.2660	10.7319	121.8490	-	-	172.2699

เส้นโค้ง เส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	
13	10.7319	121.8490	10.1746	114.5550	0.0000	113.2560	-70.6061
14	0.0000	113.2560	0.0000	0.1181	-	-	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหลัง							3249.3803
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหลัง							6498.7607

4.9.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



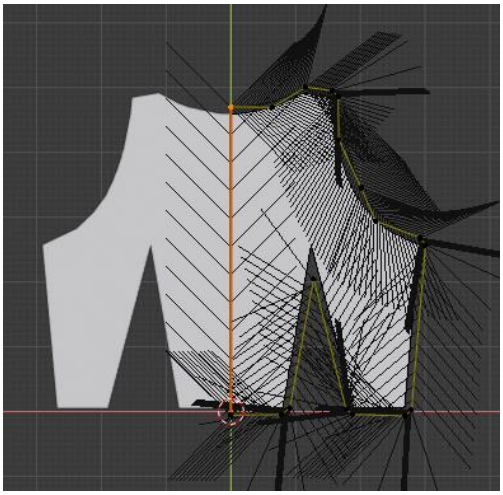
ภาพที่ 4-38 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4-18 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหน้าชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้ง เส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	
1	0.0000	-0.2167	4.4643	-0.3250	-	-	0.4836
2	4.4643	-0.3250	5.4935	0.5958	-	-	2.2227
3	5.4935	0.5958	9.6643	19.7168	-	-	51.2774
4	9.6643	19.7168	13.9977	0.5417	-	-	-135.3775
5	13.9977	0.5417	15.0810	-0.2167	-	-	-5.6009
6	15.0810	-0.2167	23.0978	-0.5417	-	-	-1.5822

เส้นโค้ง เส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	
7	23.0978	-0.5417	24.1811	0.3250	-	-	10.3025
8	24.1811	0.3250	28.0270	21.0710	-	-	250.2055
9	28.0270	21.0710	27.3770	22.2085	-	-	22.7884
10	27.3770	22.2085	22.7728	24.1585	-	-	77.8188
11	22.7728	24.1585	27.1603	23.4544	-	-	-61.0149
12	27.1603	23.4544	28.4061	24.4835	-	-	-0.6344
13	28.4061	24.4835	28.6770	28.3836	-	-	52.0770
14	28.6770	28.3836	27.9186	29.4669	-	-	26.2960
15	27.9186	29.4669	19.7897	32.4795	16.3801	38.8443	193.8810
16	16.3801	38.8443	13.9706	43.8052	13.7593	49.6084	157.9002
17	13.7593	49.6084	12.9316	50.4508	-	-	26.3259
18	12.9316	50.4508	8.9067	51.3868	-	-	107.5812
19	8.9067	51.3868	7.4091	50.2636	-	-	33.4767
21	7.4091	50.2636	7.2219	39.2187	-	-	-36.2118
22	7.2219	39.2187	7.5559	33.1497	0.0000	31.2538	-44.2575
23	0.0000	31.2538	0.0000	-0.2167	-	-	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหน้า							673.9741
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหน้า							1347.9481

- เสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



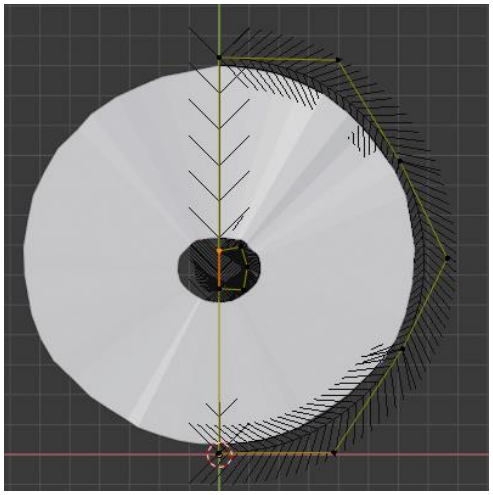
ภาพที่ 4-39 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4-19 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหลังชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		**ผลการคำนวณ**
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	
1	0.0000	-0.5681	7.8621	-0.4545	-	-	2.2332
2	7.8621	-0.4545	9.1034	0.5681	-	-	4.3018
3	9.1034	0.5681	12.7890	20.4513	-	-	89.4552
4	12.7890	20.4513	17.7882	0.3409	-	-	-179.7163
5	17.7882	0.3409	18.8108	-0.4545	-	-	-7.2480
6	18.8108	-0.4545	26.8777	-0.6817	-	-	-0.3041
7	26.8777	-0.6817	27.9003	0.2272	-	-	12.5638
8	27.9003	0.2272	30.0590	25.6778	-	-	354.7939
9	30.0590	25.6778	29.2637	26.8140	-	-	27.2873
10	29.2637	26.8140	22.3612	29.4272	20.1105	34.5400	180.9293

เส้นโค้ง เส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	
11	20.1105	34.5400	16.6626	41.9441	16.5694	48.6666	251.5850
12	16.5694	48.6666	15.6538	49.5187	–	–	29.3390
13	15.6538	49.5187	11.5825	50.0868	–	–	105.2492
14	11.5825	50.0868	6.3699	46.9623	0.0000	47.0570	–24.3451
15	0.0000	47.0570	0.0000	–0.5681	–	–	0.0000
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหลัง							846.1242
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหลัง							1692.2483

- กระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน



ภาพที่ 4–40 จุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ตารางที่ 4-20 แสดงจุดควบคุมเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้ง เส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		ผลการคำนวณ
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	
เส้นโค้งนอก							
1	0.0000	0.4816	38.4219	0.6477	61.4130	35.3230	1512.6813
2	61.4130	35.3230	76.3859	65.5771	60.4784	98.1040	4148.9950
3	60.4784	98.1040	39.7238	131.8330	0.0000	132.7310	1487.4949
4	0.0000	132.7310	0.0000	0.4816	-	-	0.0000
เส้นโค้งใน							
6	0.0000	55.4908	8.1678	54.9642	9.4410	62.7613	2.2332
7	9.4410	62.7613	7.4190	69.4643	0.0000	68.0696	4.3018
8	0.0000	68.0696	0.0000	55.4908	-	-	89.4552
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน							98.3465
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน							196.6930
พื้นที่ทั้งหมดของกระโปรง							**14101.6495**

4.10 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่เส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้ง

4.10.1 พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

- พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		ΔX_i	ΔY_i	Δ^2(X_i)	Δ^2(Y_i)	ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	X_i+1-X_i	Y_i+1-Y_i	X_i+2-2X_i+1+X_i	Y_i+2-2Y_i+1+Y_i		
1	0.0000	5.4919	26.2448	5.2723	-	-	26.2448	-0.2197	-	-	-72.0674	
2	26.2448	5.2723	28.0022	7.2494	-	-	1.7574	1.9771	-	-	21.3116	
3	28.0022	7.2494	28.0022	56.0177	-	-	0.0000	48.7683	-	-	682.8104	
4	28.0022	56.0177	28.1472	63.2671	26.5810	72.7132	0.1450	7.2494	-1.7112	2.1967	459.8881	
5	26.5810	72.7132	28.4874	84.5758	29.2171	98.6352	1.9064	11.8626	-1.1767	2.1968	729.2481	
6	29.2171	98.6352	12.8379	102.8090	23.0661	118.6260	-16.3792	4.1738	26.6074	11.6432	422.0047	
7	23.0661	118.6260	22.2491	121.2620	-	-	-0.8170	2.6360	-	-	78.8598	
8	22.2491	121.2620	19.4723	123.0190	-	-	-2.7768	1.7570	-	-	187.9060	
8	19.4723	123.0190	11.0118	124.4910	-	-	-8.4605	1.4720	-	-	534.7327	
9	11.0118	124.4910	8.8783	122.7990	-	-	-2.1335	-1.6920	-	-	123.4873	
10	8.8783	122.7990	6.0826	104.9210	-	-	-2.7956	-17.8780	-	-	92.2881	
11	6.0826	104.9210	0.3864	102.5550	0.0000	99.4142	-5.6962	-2.3660	5.3098	-0.7748	-11.0891	
12	0.0000	99.4142	0.0000	5.4919	-	-	0.0000	-93.9223	-	-	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหน้า											3249.3803	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหน้า											6498.7607	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-41 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ต แบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า

- พื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

เส้นโค้งเส้นที่	P_i		P_i+1		P_i+2		ΔX_i	ΔY_i	Δ^2(X_i)	Δ^2(Y_i)	ผลการคำนวณ	
	X_i	Y_i	X_i+1	Y_i+1	X_i+2	Y_i+2	X_i+1-X_i	Y_i+1-Y_i	X_i+2-2X_i+1+X_i	Y_i+2-2Y_i+1+Y_i		
1	0.0000	0.1181	27.6394	0.0577	-	-	27.6394	-0.0604	-	-	-1.6321	
2	27.6394	0.0577	30.1194	2.6558	-	-	2.4800	2.5982	-	-	35.8341	
3	30.1194	2.6558	30.6296	53.3339	-	-	0.5102	50.6781	-	-	762.5192	
4	30.6296	53.3339	30.7321	62.5824	29.4205	70.4052	0.1025	9.2485	-1.4141	-1.4257	516.8774	
5	29.4205	70.4052	30.8610	85.3705	30.6109	96.0844	1.4405	14.9653	-1.6906	-4.2514	777.1712	
6	30.6109	96.0844	28.7403	98.6353	-	-	-1.8706	2.5509	-	-	128.9104	
7	28.7403	98.6353	19.7271	101.3560	-	-	-9.0132	2.7207	-	-	483.6067	
8	19.7271	101.3560	14.8907	107.1380	20.5773	118.0220	-4.8364	5.7820	10.5230	5.1020	307.3501	
9	20.5773	118.0220	19.2134	121.2590	-	-	-1.3639	3.2370	-	-	113.7895	
10	19.2134	121.2590	16.8730	121.9670	-	-	-2.3404	0.7080	-	-	148.6988	
11	16.8730	121.9670	13.6843	123.2660	-	-	-3.1887	1.2990	-	-	205.4171	
12	13.6843	123.2660	10.7319	121.8490	-	-	-2.9524	-1.4170	-	-	172.2699	
13	10.7319	121.8490	10.1746	114.5550	0.0000	113.2560	-0.5573	-7.2940	-9.6173	5.9950	-70.6061	
14	0.0000	113.2560	0.0000	0.1181	-	-	0.0000	-113.1379	-	-	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของชุดเดรสด้านหลัง											3580.2063	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของชุดเดรสด้านหลัง											7160.4126	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-42 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง

จากภาพที่ 4-41 และ 4-42 เป็นภาพตารางแสดงพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้าและชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง จะเห็นว่าพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหน้า เท่ากับ 6498.7607 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบด้านหลัง เท่ากับ 7160.4126 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นชุดเดรสกระโปรงทรงสอบมีพื้นที่ทั้งหมด 13659.1733 ตารางเซนติเมตร เมื่อคิดเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ สำหรับชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ จะได้เท่ากับ 11.0920 %

4.10.2 ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_0		P_1		P_2		ΔX_0	ΔY_0	Δ^2(X_0)	Δ^2(Y_0)	ผลการคำนวณ	
	X_0	Y_0	X_1	Y_1	X_2	Y_2	X_1-X_0	Y_1-Y_0	X_2-2X_1+X_0	Y_2-2Y_1+Y_0		
1	0.0000	-0.2167	4.4643	-0.3250	-	-	4.4643	-0.1083	-	-	0.4836	
2	4.4643	-0.3250	5.4935	0.5958	-	-	1.0292	0.9208	-	-	2.2227	
3	5.4935	0.5958	9.6643	19.7168	-	-	4.1709	19.1210	-	-	51.2774	
4	9.6643	19.7168	13.9977	0.5417	-	-	4.3334	-19.1751	-	-	-135.3775	
5	13.9977	0.5417	15.0810	-0.2167	-	-	1.0833	-0.7583	-	-	-5.6009	
6	15.0810	-0.2167	23.0978	-0.5417	-	-	8.0168	-0.3250	-	-	-1.5822	
7	23.0978	-0.5417	24.1811	0.3250	-	-	1.0833	0.8667	-	-	10.3025	
8	24.1811	0.3250	28.0270	21.0710	-	-	3.8459	20.7460	-	-	250.2055	
9	28.0270	21.0710	27.3770	22.2085	-	-	-0.6500	1.1375	-	-	22.7884	
10	27.3770	22.2085	22.7728	24.1585	-	-	-4.6042	1.9500	-	-	77.8188	
11	22.7728	24.1585	27.1603	23.4544	-	-	4.3875	-0.7041	-	-	-61.0149	
12	27.1603	23.4544	28.4061	24.4835	-	-	1.2458	1.0291	-	-	-0.6344	
13	28.4061	24.4835	28.6770	28.3836	-	-	0.2709	3.9001	-	-	52.0770	
14	28.6770	28.3836	27.9186	29.4669	-	-	-0.7584	1.0833	-	-	26.2960	
15	27.9186	29.4669	19.7897	32.4795	16.3801	38.8443	-8.1289	3.0126	4.7193	3.3522	193.8810	
16	16.3801	38.8443	13.9706	43.8052	13.7593	49.6084	-2.4095	4.9609	2.1982	0.8423	157.9002	
17	13.7593	49.6084	12.9316	50.4508	-	-	-0.8277	0.8424	-	-	26.3259	
18	12.9316	50.4508	8.9067	51.3868	-	-	-4.0249	0.9360	-	-	107.5812	
19	8.9067	51.3868	7.4091	50.2636	-	-	-1.4976	-1.1232	-	-	33.4767	
21	7.4091	50.2636	7.2219	39.2187	-	-	-0.1872	-11.0449	-	-	-36.2118	
22	7.2219	39.2187	7.5559	33.1497	0.0000	31.2538	0.3340	-6.0690	-7.8898	4.1731	-44.2575	
23	0.0000	31.2538	0.0000	-0.2167	-	-	0.0000	-31.4705	-	-	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหน้า											673.9741	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหน้า											1347.9481	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-43 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_0		P_1		P_2		ΔX_0	ΔY_0	Δ^2(X_0)	Δ^2(Y_0)	ผลการคำนวณ	
	X_0	Y_0	X_1	Y_1	X_2	Y_2	X_1-X_0	Y_1-Y_0	X_2-2X_1+X_0	Y_2-2Y_1+Y_0		
1	0.0000	-0.5681	7.8621	-0.4545	-	-	7.8621	0.1136	-	-	2.2332	
2	7.8621	-0.4545	9.1034	0.5681	-	-	1.2412	1.0226	-	-	4.3018	
3	9.1034	0.5681	12.7890	20.4513	-	-	3.6856	19.8832	-	-	89.4552	
4	12.7890	20.4513	17.7882	0.3409	-	-	4.9992	-20.1104	-	-	-179.7163	
5	17.7882	0.3409	18.8108	-0.4545	-	-	1.0226	-0.7953	-	-	-7.2480	
6	18.8108	-0.4545	26.8777	-0.6817	-	-	8.0669	-0.2272	-	-	-0.3041	
7	26.8777	-0.6817	27.9003	0.2272	-	-	1.0226	0.9089	-	-	12.5638	
8	27.9003	0.2272	30.0590	25.6778	-	-	2.1587	25.4506	-	-	354.7939	
9	30.0590	25.6778	29.2637	26.8140	-	-	-0.7953	1.1362	-	-	27.2873	
10	29.2637	26.8140	22.3612	29.4272	20.1105	34.5400	-6.9025	2.6132	4.6518	2.4996	180.9293	
11	20.1105	34.5400	16.6626	41.9441	16.5694	48.6666	-3.4479	7.4041	3.3547	-0.6816	251.5850	
12	16.5694	48.6666	15.6538	49.5187	-	-	-0.9156	0.8521	-	-	29.3390	
13	15.6538	49.5187	11.5825	50.0868	-	-	-4.0713	0.5681	-	-	105.2492	
14	11.5825	50.0868	6.3699	46.9623	0.0000	47.0570	-5.2127	-3.1245	-1.1572	3.2192	-24.3451	
15	0.0000	47.0570	0.0000	-0.5681	-	-	0.0000	-47.6251	-	-	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเสื้อด้านหลัง											846.1242	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเสื้อด้านหลัง											1692.2483	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-44 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของเสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

- กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

เส้นโค้งเส้นที่	P_0		P_1		P_2		ΔX_0	ΔY_0	Δ^2(X_0)	Δ^2(Y_0)	ผลการคำนวณ	
	X_0	Y_0	X_1	Y_1	X_2	Y_2	X_1-X_0	Y_1-Y_0	X_2-2X_1+X_0	Y_2-2Y_1+Y_0		
เส้นโค้งนอก												
1	0.0000	0.4816	38.4219	0.6477	61.4130	35.3230	38.4219	0.1661	-15.4308	34.5093	1512.6813	
2	61.4130	35.3230	76.3859	65.5771	60.4784	98.1040	14.9729	30.2541	-30.8804	2.2728	4148.9950	
3	60.4784	98.1040	39.7238	131.8330	0.0000	132.7310	-20.7546	33.7290	-18.9692	-32.8310	1487.4949	
4	0.0000	132.7310	0.0000	0.4816	-	-	0.0000	-132.2494	-	-	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งนอก											7149.1713	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งนอก											14298.3426	ตารางเซนติเมตร
เส้นโค้งใน												
6	0.0000	55.4908	8.1678	54.9642	9.4410	62.7613	8.1678	-0.5266	-6.8945	8.3237	55.7721	
7	9.4410	62.7613	7.4190	69.4643	0.0000	68.0696	-2.0220	6.7030	-5.3971	-8.0977	42.5744	
8	0.0000	68.0696	0.0000	55.4908	-	-	0.0000	-12.5788	-	-	0.0000	
พื้นที่ Bounding Box ครึ่งหนึ่งของเส้นโค้งใน											98.3465	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ Bounding Box ทั้งหมดของเส้นโค้งใน											196.6930	ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมดของกระโปรง											**14101.6495**	ตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 4-45 ตารางแสดงพื้นที่ของเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ โดยการพิจารณาจากเส้นโค้งออฟเซ็ตแบบรูปหลายเหลี่ยมและเส้นโค้งของกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

จากภาพที่ 4-43, 4-44 และ 4-45 เป็นภาพตารางแสดงพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน และกระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน จะเห็นว่าพื้นที่เสื้อด้านหน้าของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เท่ากับ 1347.9481 ตารางเซนติเมตร พื้นที่เสื้อด้านหลังของชุดเดรสกระโปรงทรงบาน เท่ากับ 1692.2483 ตารางเซนติเมตร และพื้นที่กระโปรงของชุดเดรสกระโปรงทรง เท่ากับ 14101.6495 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นชุดเดรสกระโปรงทรงบานมีพื้นที่ทั้งหมด 17141.8459 ตารางเซนติเมตร เมื่อคิดเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้างเส้นโค้งปิดล้อมวัตถุ สำหรับชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ จะได้เท่ากับ 7.0569 %

บทที่ 5

บทสรุป

ในบทนี้จะทำการสรุปผลของการดำเนินงานทั้งหมดตลอดจนนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อใช้สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาค้นคว้าโดยการสรุปผลจะอ้างอิงจากผลการดำเนินงานการศึกษาอิสระ ในบทที่ 4

5.1 อภิปรายและสรุปผลการดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิสระนี้ IS เล่มนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบชุดใช้เส้นโค้ง Bezier อันดับ 1 และอันดับ 2 จากโปรแกรม Blender และนำค่าจุดควบคุมของแต่ละเส้นโค้ง Bezier อันดับ 1 และอันดับ 2 มาวิเคราะห์หาค่าพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีของกรีนและ Bounding box ของแบบชุด และผู้จัดทำได้ทำการสร้างสูตรที่ใช้ในการหาขนาดของมุมระหว่างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วย และสูตรการหาพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีของกรีน ของเส้นโค้ง Bezier อันดับ 1 และอันดับ 2 โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การออกแบบชุดในโปรแกรม Blender จำนวน 2 ชุด ได้แก่ชุดเดรสกระโปรสทรงสอบและชุดเดรสกระโปรงทรงบาน โดยใช้เส้นโค้ง Bezier อันดับ 1 และอันดับ 2 พบว่า การออกแบบชุดที่เสมือนจริงนั้น ชุดเดรสกระโปรสทรงสอบต้องใช้เส้นโค้ง Bezier อันดับ 1 จำนวน 25 เส้น 50 จุดควบคุมและเส้นโค้ง Bezier อันดับ 2 จำนวน 11 เส้น 33 จุดควบคุม และชุดเดรสกระโปรสทรงบานต้องใช้เส้นโค้ง Bezier อันดับ 1 จำนวน 21 เส้น 42 จุดควบคุมและเส้นโค้ง Bezier อันดับ 2 จำนวน 12 เส้น 36 จุดควบคุม ซึ่งข้อมูลของจุดควบคุมทั้งหมดจะรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลของ Microsoft Excel

2. ศึกษาการเชื่อมเส้นโค้ง Bezier ให้ราบเรียบโดยการใช้นิยามของการเชื่อมกันของเส้นโค้ง Bezier แบบ C_0,G_0,C_1 และ G_1 พบว่าเป็นการเชื่อมเส้นโค้ง Bezier แบบ C_0, G_0 โดยใช้จุดปลายของเส้นโค้ง Bezier เส้นหนึ่งต่อกับจุดเริ่มต้นของเส้นโค้ง Bezier อีกเส้นหนึ่ง ตามแบบชุดที่ได้ทำการออกแบบไว้

3. นำจุดควบคุมที่รวบรวมไว้ในฐานข้อมูลมาวิเคราะห์หา Cusp Point, Corner Point, Inflection Point, Turning Point และ Offset Curves เพื่อนำค่าที่ได้มาสร้าง Bounding box และวิเคราะห์หาพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีของกรีนและการหาพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม เพื่อทราบพื้นที่ของผ้าที่ต้องใช้ในการตัดชุด ทราบพื้นที่ Bounding box ของแบบชุด และเปอร์เซ็นการสูญเสียผ้าที่เกิดจากการสร้าง Bounding box

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. การออกแบบชุดในโปรแกรม Blender ต้องระมัดระวังในการสร้างให้อยู่ในจตุภาค ที่ 1 เพื่อให้สะดวกในการเก็บข้อมูลของจุดควบคุม

5.2.2. การแปลงสูตรต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของเส้นโค้ง Bezier อันดับ 1 และอันดับ 2 ต้องมีความละเอียด รอบคอบ

บรรณานุกรม

เบลนเดอร์/basic operator. (2016, มิถุนายน 3). วิกิตำรา. Retrieved 04:43, มกราคม 18 2019, from https://th.wikibooks.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%A5%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C/basic_operator.

ไมโครซอฟท์ แอ็คเซส. (2019, เมษายน 12). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. สืบค้นเมื่อ 22:54, เมษายน 12, 2019 จาก https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%9F%E0%B8%97%E0%B9%8C_%E0%B9%81%E0%B8%AD%E0%B9%87%E0%B8%84%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AA.

Howard Anton, Irl Bivens and Stephen Davis. (2008). Calculus early transcendental. Publisher: Laurie Rosatone.

CALCULUS EARLY TRANSCENDENTALS. Publisher. Laurie Rosatone

บรรณานุกรม(ต่อ)

1. แบบชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

https://www.pinterest.com/pin/541628292683134972/feedback/?invite_code=885a9fe362a6446fbdcf341b84ee77d2&sender_id=541628430094051325

2. แบบเสื้อชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

https://www.pinterest.com/pin/541628292683134930/feedback/?invite_code=f0b44a90197f4a0aad00575f64739360&sender_id=541628430094051325

3. แบบกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน1

https://www.pinterest.com/pin/374502525262139459/feedback/?invite_code=7a2fcdbe036145c6879d1e5a1a45901a&sender_id=541628430094051325

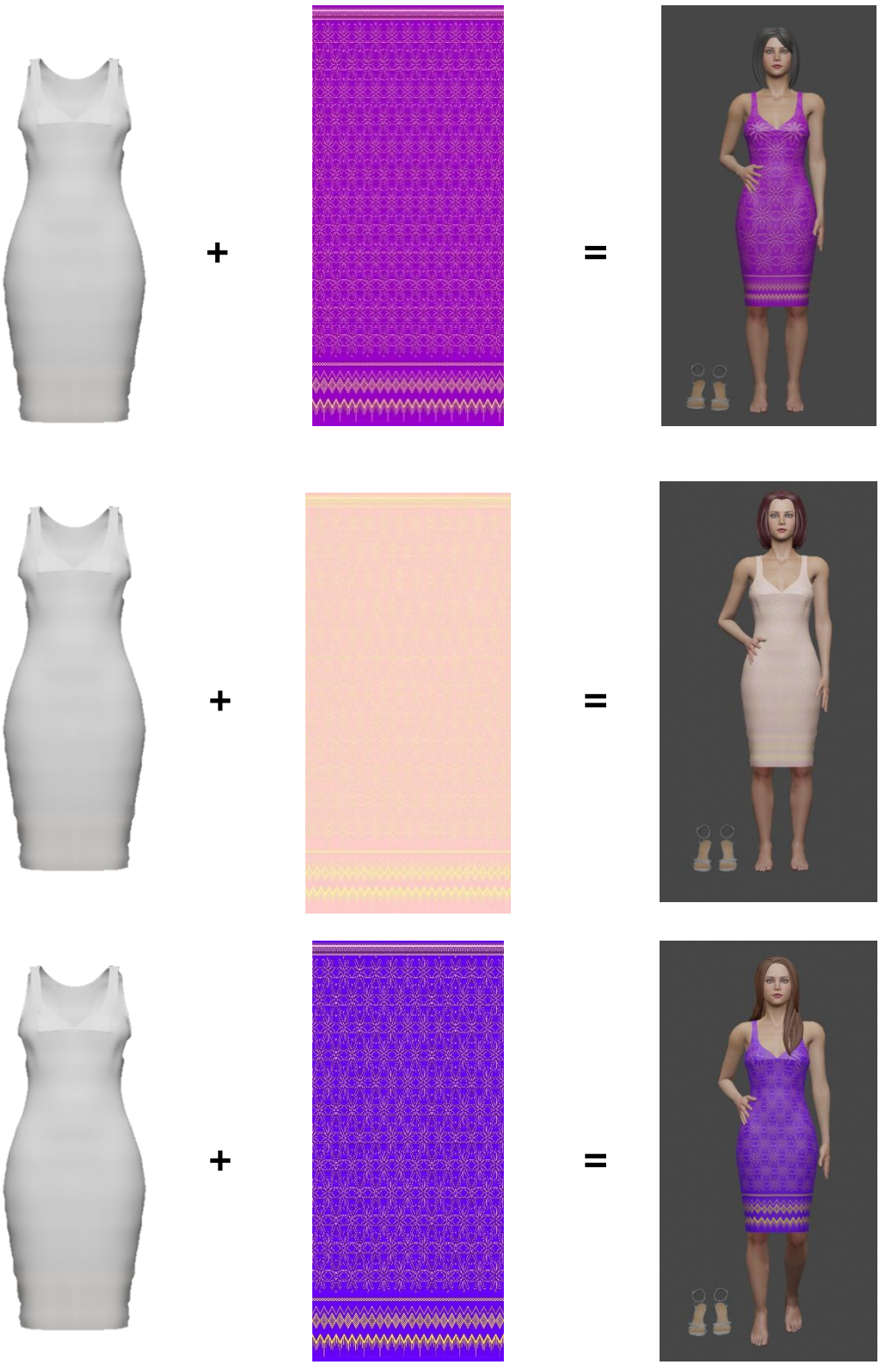
4. แบบกระโปรงชุดเดรสกระโปรงทรงบาน2

https://www.pinterest.com/pin/773915517195055769/feedback/?invite_code=0c88b06b20e24c46a0921c303e2423f1&sender_id=541628430094051325

5. แบบชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

https://www.pinterest.com/pin/373939575294935306/feedback/?invite_code=b9cabfd666b544b9b3c744dbaf37c465&sender_id=541628430094051325

ภาคผนวก



ชุดเดรสกระโปรงทรงสอบ

ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ชุดเดรสกระโปรงทรงบาน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล : นางสาวฐิตาภา จันต๊ะคาด

วัน/เดือน/ปีเกิด : 6 ตุลาคม 2539

ประวัติการศึกษา : ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเชียงของวิทยาคม

ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเชียงของวิทยาคม

ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ มหาวิทยาลัยพะเยา

ที่อยู่ปัจจุบัน : 56 หมู่ 6 ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย 57140

เบอร์ติดต่อ : 087-566-4869

อีเมล : Nutty.titapa@gmail.com

ชื่อ – สกุล : นางสาวนิตยา กลิ่นนวล

วัน/เดือน/ปีเกิด : 17 กุมภาพันธ์ 2540

ประวัติการศึกษา : ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกงไกรลาศวิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนกงไกรลาศวิทยา

ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ มหาวิทยาลัยพะเยา

ที่อยู่ปัจจุบัน : 28/1 หมู่ 4 ตำบลกง อำเภอกงไกลาศ จังหวัดสุโขทัย 64170

เบอร์ติดต่อ : 092-546-4748

อีเมล : poynittaya17@gmail.com

ชื่อ – สกุล : นางสาวเมษ์ทิวา แก้วยา

วัน/เดือน/ปีเกิด : 16 เมษายน 2540

ประวัติการศึกษา : ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพะเยาพิทยาคม

ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพะเยาพิทยาคม

ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ มหาวิทยาลัยพะเยา

ที่อยู่ปัจจุบัน : 141 หมู่ 9 ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมือง จ.พะเยา 56000

เบอร์ติดต่อ : 088-291-6595

อีเมล : maytiwa.keawya@gmail.com