บทที่ 6

การศึกษาวิถีทางเดินต่อเนื่องด้วยโปรแกรมการสร้างวิถีทางเดิน

ในการใช้ระบบการสั่งงานแบบวิถีทางเดินต่อเนื่องนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ การสามารถควบคุมให้ปลายแขนแขนกลเคลื่อนที่ไปตามวิถีทางเดินที่ต้องการโดยมีอัตราเร็วตามที่กำหนดและมีความราบเรียบ ฉนั้นในการศึกษาการสร้างวิถีทางเดินต่อเนื่องแบบต่างๆนี้จะมุ่งเน้นศึกษาใน 3 ลักษณะ คือ

6.1 ศึกษาความเบี่ยงเบนระหว่างวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นกับวิถีทางเดินที่ต้องการ

6.2 ศึกษาความเบี่ยงเบนระหว่างอัตราเร็วของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นกับอัตราเร็วที่กำหนด

6.3 ศึกษาความราบเรียบของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้น

และในการศึกษานี้เราจะพิจารณาถึงลักษณะของวิถีทางเดิน และอัตราเร็วที่ปลายแขนกลซึ่งมีผลต่อความเบี่ยงเบนทั้ง 3 ลักษณะนี้ด้วย โดยในการศึกษาจะให้ปลายแขนกลเคลื่อนที่ตามวิถีทางเดินที่กำหนดขึ้นใน 3 ลักษณะ คือ

1. แนววิถีทางเดินเป็นวงกลม
2. แนววิถีทางเดินเป็นเส้นตรงหักมุม
3. แนววิถีทางเดินเป็นรูปหลายเหลี่ยม ซึ่งประกอบด้วย เส้นตรง และเส้นโค้ง

โดยกำหนดให้อัตราเร็วที่ปลายแขนกลอยู่ในช่วงความเร็วใช้งานทั่วไป คือ 2.5 cm/s. และ 5.0 cm/s.

6.1 ความเบี่ยงเบนระหว่างวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นกับวิถีทางเดินที่ต้องการ

วิถีทางเดินที่ศึกษาในที่นี้ หมายถึง วิถีทางเดินต่อเนื่องที่ปลายแขนของแขนกลจุฬา2 ซึ่งอยู่ในระบบอ้างอิงแบบคาร์ทีเซียน การศึกษาจะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสร้างวิถีทางเดินต่อเนื่องชนิดต่างๆ มาเปรียบเทียบกับวิถีทางเดินที่ต้องการ ซึ่งตารางที่ 6.1-6.3 แสดงผลการศึกษาจะเห็นว่า วิธีการสร้างวิถีทางเดินแบบต่างๆจะให้ค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินที่ต่างกัน โดยขณะทำการศึกษาแนววิถีทางเดินที่เป็นรูปส่วนโค้ง การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่1 (X1-spline) จะให้ค่าความเบี่ยงเบนน้อยที่สุด ถัดมาคือการสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่3 (X3-spline) การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่2 (X2-spline) และการสร้างวิถีทางเดินแบบแบง-แบง โดยมีค่าความ

i17152720

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการศึกษาความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินของแนววิถีทางเดินเป็นวงกลม

trajectory type	velocity cm/s.	seg. time sec.	seg. length cm.	av. error X-axis(cm.)	av.error Y-axis(cm.)
Bang-bang	5.0	1.0	5.0	0.050957	0.076884
Quartic	5.0	1.0	5.0	0.038688	0.106466
X1-spline	5.0	1.0	5.0	0.002052	0.029813
X2-spline	5.0	1.0	5.0	0.007249	0.056667
X3-spline	5.0	1.0	5.0	0.003807	0.039858
Bang-bang	5.0	0.5	2.5	0.013488	0.021670
Quartic	5.0	0.5	2.5	0.008356	0.028285
X1-spline	5.0	0.5	2.5	0.000277	0.008262
X2-spline	5.0	0.5	2.5	0.001074	0.014989
X3-spline	5.0	0.5	2.5	0.000547	0.012501
Bang-bang	5.0	0.1	0.5	0.000581	0.000930
Quartic	5.0	0.1	0.5	0.000332	0.001190
X1-spline	5.0	0.1	0.5	0.000088	0.000372
X2-spline	5.0	0.1	0.5	0.000094	0.000608
X3-spline	5.0	0.1	0.5	0.000090	0.000460
Bang-bang	2.5	1.0	2.5	0.013075	0.019557
Quartic	2.5	1.0	2.5	0.008301	0.027910
X1-spline	2.5	1.0	2.5	0.000273	0.008307
X2-spline	2.5	1.0	2.5	0.001079	0.015362
X3-spline	2.5	1.0	2.5	0.000547	0.012800
Bang-bang	2.5	0.5	0.5	0.000558	0.000866
Quartic	2.5	0.5	0.5	0.000329	0.001197
X1-spline	2.5	0.5	0.5	0.000088	0.000389
X2-spline	2.5	0.5	0.5	0.000095	0.000618
X3-spline	2.5	0.5	0.5	0.000090	0.000476

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการศึกษาความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินของแนววิถีทางเดินเป็นเส้นตรงหักมุมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

trajectory type	velocity cm/s.	seg. time sec.	seg. length cm.	av. error X-axis(cm.)	av.error Y-axis(cm.)
Bang-bang	5.0	1.0	5.0	0.057790	0.062572
Quartic	5.0	1.0	5.0	0.243147	0.142166
X1-spline	5.0	1.0	5.0	0.084402	0.082885
X2-spline	5.0	1.0	5.0	0.106326	0.069664
X3-spline	5.0	1.0	5.0	0.082801	0.057541
Bang-bang	5.0	0.5	2.5	0.019624	0.020371
Quartic	5.0	0.5	2.5	0.057140	0.033525
X1-spline	5.0	0.5	2.5	0.023309	0.024581
X2-spline	5.0	0.5	2.5	0.032384	0.022429
X3-spline	5.0	0.5	2.5	0.026395	0.020686
Bang-bang	5.0	0.1	0.5	0.000946	0.001127
Quartic	5.0	0.1	0.5	0.001947	0.001079
X1-spline	5.0	0.1	0.5	0.000986	0.001207
X2-spline	5.0	0.1	0.5	0.001177	0.000860
X3-spline	5.0	0.1	0.5	0.001005	0.000934
Bang-bang	2.5	1.0	2.5	0.018165	0.020250
Quartic	2.5	1.0	2.5	0.057034	0.033312
X1-spline	2.5	1.0	2.5	0.023357	0.024572
X2-spline	2.5	1.0	2.5	0.032274	0.022343
X3-spline	2.5	1.0	2.5	0.026482	0.020466
Bang-bang	2.5	0.5	0.5	0.000954	0.001125
Quartic	2.5	0.5	0.5	0.001992	0.001087
X1-spline	2.5	0.5	0.5	0.001025	0.001282
X2-spline	2.5	0.5	0.5	0.001208	0.000902
X3-spline	2.5	0.5	0.5	0.001037	0.000990

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการศึกษาความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินของแนววิถีทางเดินรูปหลายเหลี่ยม ประกอบด้วย เส้นตรง และเส้นโค้ง

trajectory type	velocity cm/s.	seg. time sec.	seg. length cm.	av. error X-axis(cm.)	av.error Y-axis(cm.)
Bang-bang	5.0	1.0	5.0	0.194501	0.220446
Quartic	5.0	1.0	5.0	0.281643	0.291978
X1-spline	5.0	1.0	5.0	0.131377	0.165445
X2-spline	5.0	1.0	5.0	0.149402	0.182570
X3-spline	5.0	1.0	5.0	0.117152	0.165661
Bang-bang	5.0	0.5	2.5	0.056647	0.061110
Quartic	5.0	0.5	2.5	0.090183	0.108773
X1-spline	5.0	0.5	2.5	0.034963	0.035007
X2-spline	5.0	0.5	2.5	0.048608	0.057046
X3-spline	5.0	0.5	2.5	0.038555	0.043160
Bang-bang	5.0	0.1	0.5	0.002215	0.002409
Quartic	5.0	0.1	0.5	0.004876	0.005687
X1-spline	5.0	0.1	0.5	0.001417	0.001647
X2-spline	5.0	0.1	0.5	0.002144	0.002598
X3-spline	5.0	0.1	0.5	0.001531	0.001901
Bang-bang	2.5	1.0	2.5	0.055676	0.058514
Quartic	2.5	1.0	2.5	0.090097	0.108730
X1-spline	2.5	1.0	2.5	0.035053	0.035056
X2-spline	2.5	1.0	2.5	0.048486	0.056909
X3-spline	2.5	1.0	2.5	0.038536	0.043159
Bang-bang	2.5	0.5	0.5	0.002239	0.002434
Quartic	2.5	0.5	0.5	0.004934	0.005719
X1-spline	2.5	0.5	0.5	0.001454	0.001687
X2-spline	2.5	0.5	0.5	0.002185	0.002627
X3-spline	2.5	0.5	0.5	0.001575	0.001921

เบี่ยงเบนเรียงลำดับจากน้อยมาหามาก และสำหรับการสร้างวิถีทางเดินต่อเนื่องแบบควอตติกให้ค่าความเบี่ยงเบนมากที่สุด

เมื่อทำการศึกษาแนววิถีทางเดินที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งประกอบด้วยเส้นตรงหักมุม จะเห็นว่าการสร้างวิถีทางเดินต่อเนื่องแบบแบง-แบง จะให้ค่าความเบี่ยงเบนน้อยที่สุด ถัดมาคือ การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่1 การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่3 การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่2 และการสร้างวิถีทางเดินแบบควอตติก จะให้ค่าความเบี่ยงเบนสูงสุด จากผลที่ปรากฏนี้ก็เนื่องมาจากการสร้างวิถีทางเดินแบบแบง-แบง เป็นการสร้างวิถีทางเดินโดยอาศัยสมการการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ฉะนั้นจะเห็นว่าวิถีทางเดินย่อยต่างๆที่สร้างขึ้นเชื่อมต่อกันจึงเป็นเส้นตรงที่มีระยะความยาวที่สั้นที่สุด ฉะนั้นจึงนับได้ว่าเป็นวิถีทางเดินที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด

สำหรับแนววิถีทางเดินรูปส่วนโค้งนั้นต้องการวิถีทางเดินย่อยที่เชื่อมต่อกันเป็นรูปส่วนโค้ง ฉะนั้นจึงทำให้เกิดค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินมาก และในกรณีแนววิถีทางเดินเป็นรูปเส้นตรงวิถีทางเดินย่อยที่เชื่อมต่อกันเป็นรูปเส้นตรง จึงทำให้ค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินมีค่าน้อย ส่วนการสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ทั้ง 3 และควอตติกเป็นการสร้างวิถีทางเดินโดยอาศัยฟังก์ชันโพลีโนเมียลซึ่งให้ผลในการสร้างวิถีทางเดินที่เป็นแนวเส้นโค้งได้ดีกว่า จึงทำให้ค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางมีค่าต่ำกว่า และจากการที่การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่ให้ความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินต่ำในแนววิถีทางเดินทั้ง 2 แบบ จึงทำให้ทราบว่าการเลือกมองเฉพาะความเร็วที่จุดเป้าหมายเป็นสิ่งที่เหมาะสมสำหรับการสร้างวิถีทางเดินที่ต้องการความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินน้อยที่สุด และสำหรับการสร้างวิถีทางเดินแบบควอตติกนั้นเราได้เพิ่มข้อกำหนดอีกอย่างคือ ความเนื่องของความเร่งในระหว่างการเคลื่อนที่เพื่อให้เกิดความราบเรียบที่สุด จึงทำให้วิถีทางเดินย่อยที่เชื่อมต่อกันมีส่วนที่เป็นเส้นโค้งมากเกินไป เป็นผลให้ค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินแบบนี้มีค่าสูงที่สุดในทั้งสองแนววิถีทางเดิน

และสำหรับในกรณีแนววิถีทางเดินเป็นรูปหลายเหลี่ยมซึ่งประกอบด้วยเส้นตรงและเส้นโค้งก็เช่นเดียวกัน ค่าความเบี่ยงเบนจะขึ้นกับจำนวนของเส้นตรงและเส้นโค้งที่ประกอบกันเป็นวิถีทางเดินและจากผลข้างต้น จะเห็นว่าการสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่1 จะให้ความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินน้อยที่สุดซึ่งตรงกับผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 6.3 และเมื่อเราเปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนระหว่างแนววิถีทางเดินรูปวงกลม รูปเส้นตรงหักมุม และรูปหลายเหลี่ยมจะพบว่า ค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการหักมุมของวิถีทางเดินมากขึ้น ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเป็นการยากที่จะประมาณค่าความเบี่ยงเบน

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าประมาณความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นสัมพันธ์กับระยะความยาวของวิถีทางเดินย่อย

trajectory type	segment length cm.	% average position error relative with segment length
Bang-bang	5.0	4.4
Quartic	5.0	5.8
X1-spline	5.0	3.3
X2-spline	5.0	3.6
X3-spline	5.0	3.3
Bang-bang	2.5	2.4
Quartic	2.5	4.3
X1-spline	2.5	1.4
X2-spline	2.5	2.3
X3-spline	2.5	1.6
Bang-bang	0.5	0.5
Quartic	0.5	1.2
X1-spline	0.5	0.33
X2-spline	0.5	0.52
X3-spline	0.5	0.38

ของวิถีทางเดินโดยรวมได้

จากการศึกษาก็พอจะกล่าวได้ว่า โดยแท้ที่จริงแล้วค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นโดยการสร้างวิถีทางเดินแบบต่างๆ นั้นขึ้นกับระยะความยาวของวิถีทางเดินย่อยที่เราเลือกเป็นสำคัญ โดยที่ความยาววิถีทางเดินย่อย คือ อัตราเร็วเฉลี่ยที่เรากำหนดคูณกับระยะเวลาของวิถีทางเดินย่อยที่ใช้ (segment time) โดยพบว่าที่ความยาวของวิถีทางเดินย่อยเท่ากันแต่อัตราเร็วเฉลี่ยที่ต้องการมีค่าแตกต่างกัน วิถีทางเดินที่สร้างขึ้นจะให้ค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินที่มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อค่าความยาวของวิถีทางเดินย่อยมีค่าน้อยลงวิถีทางเดินย่อยที่ต้องการจึงมีส่วนของวิถีทางเดินย่อยที่ใกล้เคียงกับความต้องการมากขึ้น วิถีทางเดินที่สร้างขึ้นโดยการสร้างวิถีทางเดินแบบต่างๆ จึงให้ผลตรงกับความต้องการมากขึ้นด้วย ส่วนการเพิ่มขึ้นของอัตราเร็วจะไปมีผลต่อการใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของแขนกลให้สั้นลง และจะมีผลทำให้ค่าความเร่งที่ใช้ในการทำให้ความเร็วมีความต่อเนื่องสูงขึ้น ผลก็คืออาจทำให้ค่าความเร่งขาดความต่อเนื่องได้ ทั้งยังทำให้ค่าความเร่งสูงเกินกว่าที่แขนย่อยของแขนกลจะสามารถกระทำได้ ซึ่งเป็นผลทำให้ขาดความต่อเนื่องของความเร็วได้อีกทางหนึ่ง

และจากผลการศึกษาดังกล่าวเราจึงอาจจะแสดงค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินที่เกิดขึ้นโดยประมาณเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกการสร้างวิถีทางเดินแบบต่างๆ และกำหนดค่าระยะเวลาของวิถีทางเดินย่อยที่ใช้ให้เหมาะสมกับอัตราเร็วที่ต้องการได้โดยทำให้ค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ โดยแสดงไว้ในตารางที่6.4 (ในทางปฏิบัติกรณีที่ต้องการค่าความเบี่ยงเบนของวิถีทางเดินที่แน่นอนควรจะทำการศึกษาเอง โดยใช้โปรแกรมที่ผู้เขียนได้พัฒนาไว้แล้วนี้)

6.2 <u>ความเบี่ยงเบนระหว่างอัตราเร็วของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นกับอัตราเร็วที่ต้องการ</u>

เนื่องจากในการใช้ระบบการสั่งงานแบบวิถีทางเดินต่อเนื่องนี้ เราต้องการควบคุมอัตราเร็วที่ปลายแขนแขนกลให้ได้ตามความต้องการของงานแต่ละชนิด (ค่าอัตราเร็วที่เราศึกษานี้เป็นค่าอัตราเร็วที่ปลายแขนกลจุฬา2 ซึ่งอยู่ในระบบแกนอ้างอิงแบบคาร์ทีเซียน) ฉนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาถึง ความเบี่ยงเบนระหว่างอัตราเร็วของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นกับอัตราเร็วที่ต้องการ การศึกษาจะเป็นการนำอัตราเร็วที่ได้จากวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับอัตราเร็วที่ต้องการ เพื่อพิจารณาถึงความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วของการสร้างวิถีทางเดินแบบต่างๆ และศึกษาถึงความแตกต่างของอัตราเร็วเฉลี่ยของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นด้วย (ตารางที่ 6.5)

ตารางที่ 6.5 แสดงค่าความแตกต่างของอัตราเร็วเฉลี่ยของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นของแนววิถีทางเดินรูปหลายเหลี่ยม ประกอบด้วย เส้นตรง และเส้นโค้ง

trajectory type	velocity cm/s.	seg. time sec.	seg. length cm.	av. speed cm/s.	speed error %
Bang-bang	5.0	1.0	5.0	4.503820	9.924
Quartic	5.0	1.0	5.0	4.917497	1.650
X1-spline	5.0	1.0	5.0	4.609935	7.801
X2-spline	5.0	1.0	5.0	4.664578	6.708
X3-spline	5.0	1.0	5.0	4.614262	7.715
Bang-bang	5.0	0.5	2.5	4.737434	5.251
Quartic	5.0	0.5	2.5	4.928628	1.427
X1-spline	5.0	0.5	2.5	4.788905	4.221
X2-spline	5.0	0.5	2.5	4.807349	3.855
X3-spline	5.0	0.5	2.5	4.789424	4.212
Bang-bang	5.0	0.1	0.5	4.950874	0.982
Quartic	5.0	0.1	0.5	4.995600	0.088
X1-spline	5.0	0.1	0.5	4.967349	0.653
X2-spline	5.0	0.1	0.5	4.971092	0.578
X3-spline	5.0	0.1	0.5	4.966395	0.672
Bang-bang	2.5	1.0	2.5	2.374305	5.028
Quartic	2.5	1.0	2.5	2.464558	1.418
X1-spline	2.5	1.0	2.5	2.394619	4.215
X2-spline	2.5	1.0	2.5	2.493797	3.848
X3-spline	2.5	1.0	2.5	2.394888	4.204
Bang-bang	2.5	0.1	0.5	2.475830	0.967
Quartic	2.5	0.1	0.5	2.497893	0.0843
X1-spline	2.5	0.1	0.5	2.483829	0.647
X2-spline	2.5	0.1	0.5	2.485503	0.580
X3-spline	2.5	0.1	0.5	2.483332	0.607

จากการศึกษาแนววิถีทางเดินที่เป็นส่วนโค้ง เส้นตรงหักมุม และแนววิถีทางเดินที่เป็นรูปหลายเหลี่ยม จะเห็นได้ว่า ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยของการสร้างวิถีทางเดินแบบต่างๆ ที่อัตราเร็วต่างๆ การสร้างวิถีทางเดินแบบควอตติก จะให้ค่าใกล้เคียงมากที่สุด ถัดมาคือการสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่2 การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่3 การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่1 และการสร้างวิถีทางเดินแบบแบง-แบงจะให้ค่าความแตกต่างของอัตราเร็วเฉลี่ยของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นกับอัตราเร็วเฉลี่ยตามที่ต้องการมากที่สุด

แต่เมื่อพิจารณาถึงรูปกราฟอัตราเร็วของวิถีทางเดินที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. จะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาถึงความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วจริงๆแล้ว การสร้างทางเดินแบบควอตติกกลับมีความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วมากที่สุด ถัดมาคือการสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่2 การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่3 การสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ชนิดที่1 และการสร้างวิถีทางเดินแบบแบง-แบง มีความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างวิถีทางเดินแบบควอตติก มุ่งเน้นถึงการพยายามรักษาให้ความเร่งของวิถีทางเดินมีความต่อเนื่องตลอดการเคลื่อนที่ ทำให้การเปลี่ยนแปลงความเร็วของวิถีทางเดินมีความต่อเนื่อง ยังผลให้ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการแต่มีความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วมาก และสำหรับการสร้างวิถีทางเดินแบบแบง-แบงเป็นการสร้างวิถีทางเดินโดยกำหนดให้แขนกลใช้ค่าความเร่งสูงสุดในการเคลื่อนที่ จึงเป็นผลให้โดยส่วนใหญ่แล้วค่าความเร็ว และความเร่งขาดความต่อเนื่องจึงทำให้ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยที่ได้มีค่าแตกต่างจากค่าอัตราเร็วเฉลี่ยที่ต้องการมาก แต่สำหรับในกรณีความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วกลับมีความเบี่ยงเบนน้อย เนื่องเพราะการที่เราใช้ความเร่งสูงสุดในการสร้างวิถีทางเดินทำให้การเข้าถึงอัตราเร็วตามที่ต้องการเป็นไปได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้ความเบี่ยงเบนมีค่าน้อย สำหรับกรณีของการสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ทั้ง3 จะให้ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยแตกต่างจากค่าที่ต้องการไปในแนวทางที่ค่อนมาก เนื่องจากการสร้างวิถีทางเดินทั้ง3 นี้เป็นการสร้างวิถีทางเดินที่ใช้ตำแหน่งและความเร็วที่ผ่านมาและที่ถัดไปในการสร้างความเร็วที่สอดคล้องกับสภาวะของวิถีทางเดิน จึงทำให้ในบางส่วนจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งแบบทันทีทันใด และในบางส่วนมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่ต่อเนื่อง ทำให้ความแตกต่างของอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่างกลางและสำหรับความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วของวิถีทางเดินก็เช่นกัน เนื่องเพราะในบางส่วน มีการใช้ความเร่งที่ขาดความต่อเนื่องจึงทำให้การเข้าสู่อัตราเร็วที่ต้องการเป็นไปอย่างรวดเร็วนั่นเอง

และเมื่อพิจารณาถึงความยาวของวิถีทางเดินย่อยต่อความแตกต่างของอัตราเร็ว

เฉลี่ย และความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วของวิถีทางเดินแล้ว จะเห็นว่าเมื่อเราลดความยาวของวิถีทางเดินย่อยลง ความแตกต่างของอัตราเร็วเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนของอัตราเร็วของวิถีทางเดินมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการลดความยาวของวิถีทางเดินย่อยลงเป็นการลดระยะเวลาของการเข้าสู่ความเร็วที่ต้องการมากขึ้น แต่ก็มีข้อเสียคือการเข้าสู่ความเร็วที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วนั้นต้องการความเร่งของวิถีทางเดินที่สูงมาก ซึ่งทำให้การลดความยาวของวิถีทางเดินนี้ ต้องคำนึงถึงความสามารถของแขนกลที่สามารถตอบสนองต่อค่าความเร่งเหล่านั้นได้ และจากกราฟรูปในภาคผนวก ข. และตารางที่ 6.5 จะเห็นว่าที่ความยาวของวิถีทางเดินย่อย วิถีทางเดินและการสร้างวิถีทางเดินแบบเดียวกันแต่มีความแตกต่างของอัตราเร็วที่ต้องการ จะมีความเบี่ยงเบนของอัตราเร็ว และความแตกต่างของอัตราเร็วเฉลี่ยที่มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นเชิงเส้นของการสร้างแนววิถีทางเดินนั่นเอง

6.3 ความราบเรียบของวิถีทางเดิน

การศึกษาถึงความเรียบของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้นด้วยการสร้างวิถีทางเดินแบบต่างๆ นี้ จะเป็นการศึกษาถึงความต่อเนื่องของความเร็ว และความเร่งของวิถีทางเดินที่สร้างขึ้น ซึ่งในที่นี้เราจะพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ของความเร็ว และความเร่งของแขนย่อยดังรูปในภาคผนวก ค. จะเห็นได้ว่าการสร้างวิถีทางเดินแบบแบง-แบง มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นแบบขั้นขั้นได ซึ่งแสดงถึงการขาดความต่อเนื่องของความเร็วนั่นเอง ทั้งนี้เนื่องมาจากการกำหนดให้การสร้างวิถีทางเดินแบบนี้ในบางส่วนใช้ความเร่งสูงสุดเพียงค่าเดียวในการเคลื่อนที่ และบางส่วนใช้กำหนดใช้ความเร็วคงที่ จึงทำให้การเคลื่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วขาดความต่อเนื่องอย่างชัดเจน แต่จะเห็นว่าเมื่อเราลดความยาวของวิถีทางเดินย่อยลง การเปลี่ยนแปลงของความเร็วจะมีความต่อเนื่องเพิ่มมากขึ้น แต่การกระทำเช่นนี้ต้องอาศัยค่าความเร่งสูงขึ้นด้วย ฉะนั้นในบางกรณีค่าความเร่งที่กำหนดอาจมีค่าไม่เพียงพอต่อการทำให้ค่าความเร็วที่จุดเป้าหมายเป็นไปได้

ส่วนการสร้างวิถีทางเดินแบบควอดติก จะให้ความต่อเนื่องของความเร็วและความเร่งที่ดีกว่าการสร้างวิถีทางเดินอื่น ทั้งนี้ก็เป็นไปตามข้อกำหนดแต่แรกที่เพิ่มข้อกำหนดให้วิถีทางเดินด้วยวิธีนี้มีความต่อเนื่องของความเร่งตลอดการเคลื่อนที่ แต่จะเห็นว่าในบางครั้งการให้ความเร่งมีค่าต่อเนื่องมากจนเกินกลับทำให้การเปลี่ยนแปลงของความเร็วมีค่ามากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ดูคล้ายว่าขาดความต่อเนื่องของความเร็ว และจะเห็นว่าความเร่งที่ใช้จะมีค่าสูงกว่าความเร่งของวิถีทางเดินที่สร้างด้วยวิธีอื่นอยู่มาก

และสำหรับการสร้างวิถีทางเดินแบบเอ็กสไปร์ทั้ง3 เนื่องจากการสร้างวิถีทางเดินทั้ง3 นี้เป็นการสร้างวิถีทางเดินที่ใช้ตำแหน่งและความเร็วที่ผ่านมาและที่ถัดไปในการสร้างความเร็วที่สอดคล้องกับสภาวะของวิถีทางเดิน จึงทำให้ในบางส่วนจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งแบบทันทีทันใด และในบางส่วนมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่ต่อเนื่อง จึงทำให้ที่อัตราเร็วของวิถีทางเดินมีค่าสูงจะมีการขาดความต่อเนื่องของความเร่งอยู่บ้าง