

第四章 研究方法

4.1 彎道距離與急緩度

模擬一彎道與車子，車子距離彎道若干公尺外，以車子中央最前端點為基準，範圍為正負35度角，每隔一度為單位，延伸直線直到與賽道邊界相交一點(最先的那點)，此點再與車子的基準點計算距離。以基準為起點，以1度角為單位張開正負35度模擬距離偵測器(track sensor，下圖4-1紅色線表示)，環境的控制參數：賽道寬度(圖4-1中 h 表示)為16公尺(m)，彎道之曲率半徑(圖4-1中 R 表示)張開90度角，車子距離彎道距離(圖4-1中 d 表示)，分別是20m, 50m, 80m，縱向距離如圖4-2所示，分別為-6, -4, -2, 0(賽道中央), 2, 4, 6，

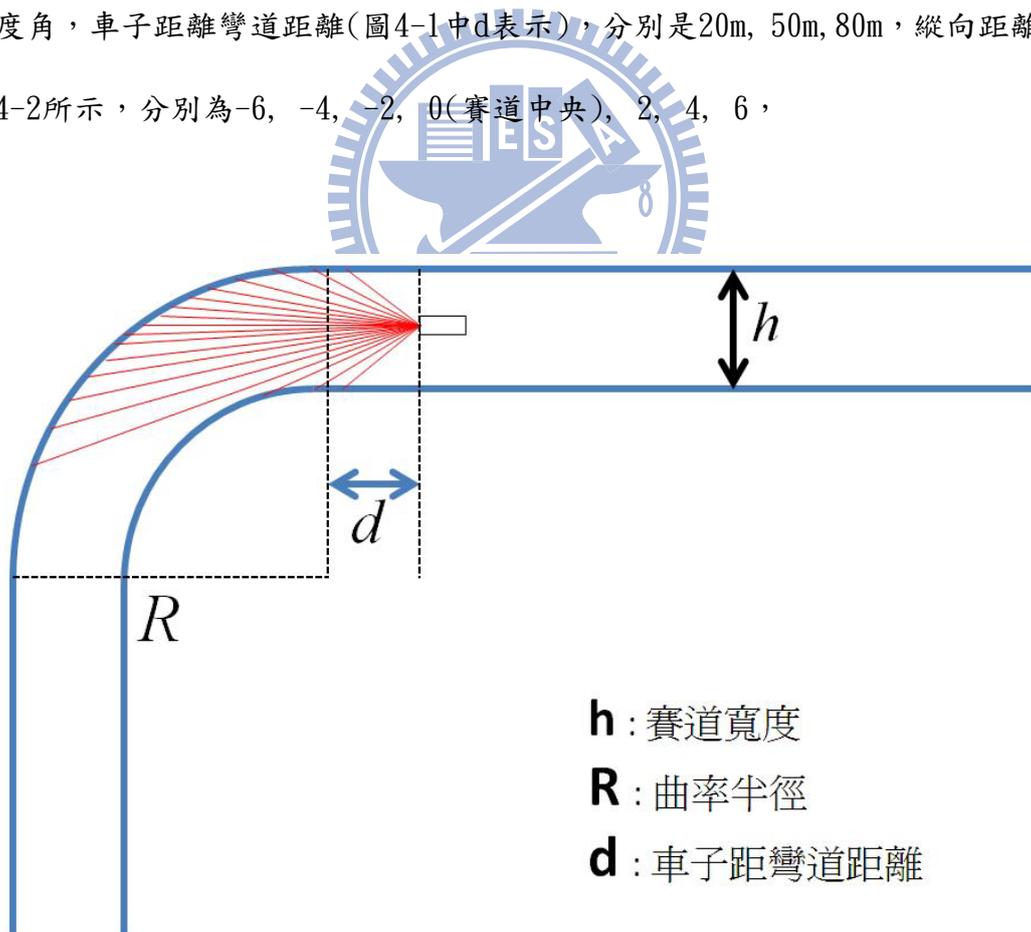


圖4-1 實驗環境示意圖

彎道之曲率半徑由急到緩共有11種不同的值，由表4-1所示。

表4-1 彎道之曲率半徑

| | 1(急) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11(緩) |
|-----|------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|
| 曲率 | 16 | 22 | 29 | 39 | 53 | 72 | 97 | 131 | 177 | 238 | 322 |
| 半徑 | | | | | | | | | | | |
| (m) | | | | | | | | | | | |

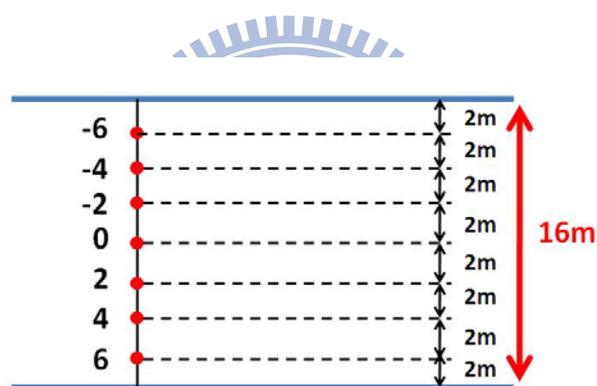


圖 4-2 縱向位置示意圖

車子在以上條件都決定的情況下(賽道寬度、距彎道距離、縱向距離、曲率半徑)，記錄正負三十五度範圍共 71 條的偵測器距離值，調整不同的控制參數值(距彎道距離、縱向距離、曲率半徑)以得到不同的結果。

實驗目的在於觀察車子在以上可控制的環境參數下偵測器距離的變化關係，希望藉由這些變化找出規律性，以利後續可以藉由車子的距離偵測器值反推算出車子在彎道前的情況(距彎道距離、曲率半徑(彎道急緩度))。

根據縱向位置、彎道距離、曲率半徑的不同，而得出不同的距離偵測器值，可以找出最大值，假設偵測器在角度為 i° 時有最大值，我們用 $S[i]$ =最大值來表示，該長度為車子與外側圓弧焦點的距離，即為圖 4-3 中的 \overline{cq} 線段(即為 $S_1 + S_2$)，在 $(i + 1)^\circ$ 時， $S[i+1]$ 的值會近似於圖 4-3 中的 \overline{cp} 線段(即為 S_1)，再根據上述兩線段長可求得線段 \overline{pq} (即為 S_2)。

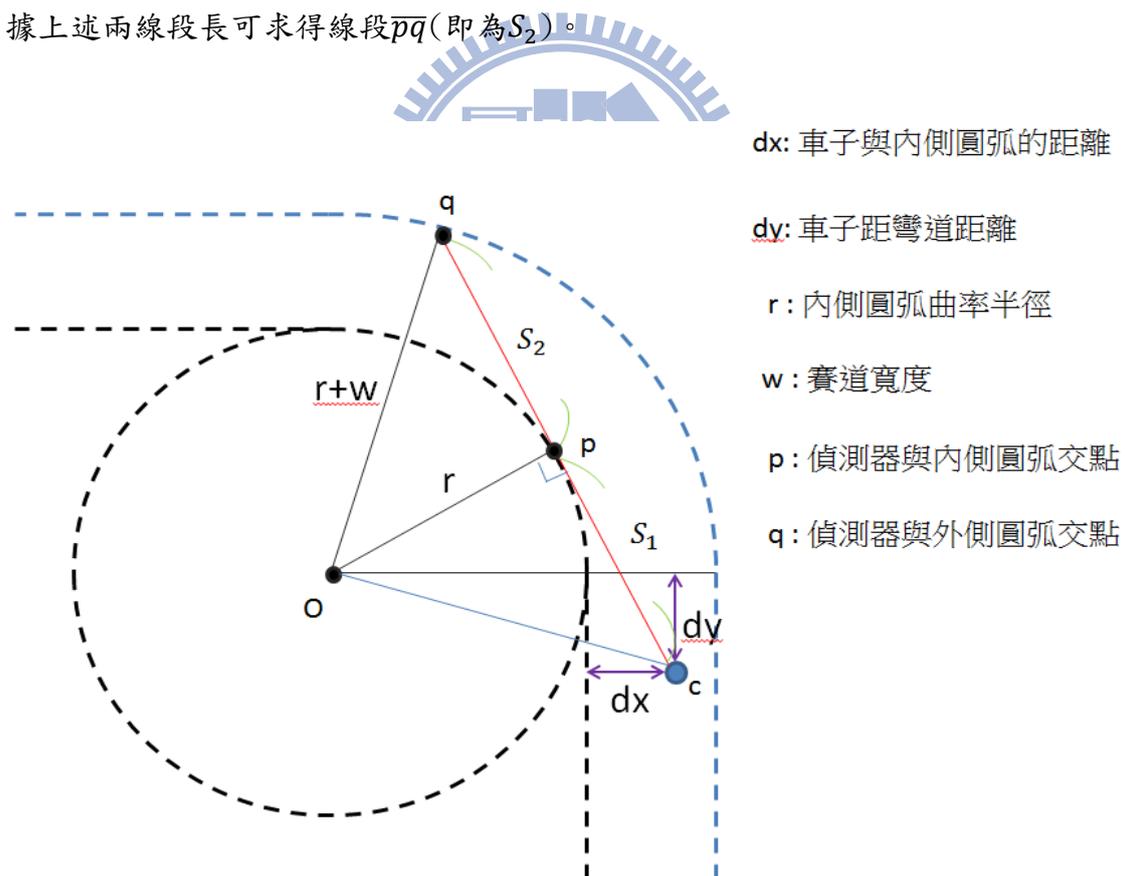


圖 4-3 距離偵測器最大值示意圖

假設已經從偵測器值找出 S_1 和 S_2 的值(即 S_1 和 S_2 為已知)， d_x 、 w 也為環境已知變數，觀察圖 4-3 中， Δopq 為直角三角形，可以用畢氏定理算出曲率半徑 r 之長度，如公式(5)所示，再用求得之 r 代入公式(4)中解出未知數 d_y ，即可由距離偵測器值反推算出內側圓弧曲率半徑 r 和車子距彎道距離 d_y 之值。

$$s_1^2 = (d_x + r)^2 + d_y^2 - r^2 \quad (4)$$

$$s_2^2 = (r + w)^2 - r^2 \quad (5)$$

圖 4-3 為理想狀況下從車子前方偵測器直線恰好與內側圓弧相切，得出結果，但實際上，距離偵測器間隔以 1° 角為單位，與理想狀況下的值相比會有些許誤差，表 4-2 為實際狀況下，在不同的車子與彎道距離下，縱向位置 0(中央)時，以距離偵測器值找出 S_1 和 S_2 的值，再運用公式(4)和公式(5)算出之 r 和 d_y 估計值與環境設定之理想值之比較。

4.2 模糊系統和入彎控制模組

我們根據上述推算值以模糊邏輯系統方式建構在原有的控制器 AI 上，讓控制器能夠透過距離偵測器的值，其輸出值(曲率半徑、距彎道距離)則為後方入彎控制模組成為其輸入值，目標入彎速度模組(Target Speed)和目標入彎點模組(Target Position)根據輸入值將其轉換成賽道目標點計算其轉彎角度和加減速值，輸出最後控制結果給效應器完成控制，整體架構如圖 4-4 所示。

表 4-2 估算值和理想值之比較

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| 縱向位置 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 曲率半徑(理想值) | 16 | 22 | 29 | 39 | 53 | 72 | 97 | 131 | 177 | 238 | 322 | |
| 曲率半徑(估計值) | 16.18099 | 23.18454 | 31.08894 | 43.91141 | 64.25755 | 94.92534 | 109.4262 | 164.2714 | 243.1211 | 225.8799 | 345.8047 | |
| 距彎道距離(理想值) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| 距彎道距離(估計值) | 19.72744 | 18.23166 | 16.90246 | 12.80938 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.113757 | 0 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 縱向位置 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 曲率半徑(理想值) | 16 | 22 | 29 | 39 | 53 | 72 | 97 | 131 | 177 | 238 | 322 | |
| 曲率半徑(估計值) | 21.21691 | 30.22556 | 30.26937 | 43.25516 | 63.02366 | 92.49057 | 135.3978 | 139.4458 | 224.4297 | 348.9188 | 371.8915 | |
| 距彎道距離(理想值) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| 距彎道距離(估計值) | 44.44085 | 42.78845 | 48.28985 | 46.03813 | 42.44298 | 36.4558 | 25.33754 | 40.48789 | 9.742602 | 0 | 0 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 縱向位置 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 曲率半徑(理想值) | 16 | 22 | 29 | 39 | 53 | 72 | 97 | 131 | 177 | 238 | 322 | |
| 曲率半徑(估計值) | 20.28536 | 27.91886 | 36.91291 | 50.03175 | 68.98645 | 95.8027 | 132.9163 | 186.5222 | 264.4108 | 376.5779 | 319.279 | |
| 距彎道距離(理想值) | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | |
| 距彎道距離(估計值) | 75.66317 | 74.85171 | 73.88419 | 72.44979 | 70.32565 | 67.20593 | 62.63242 | 55.36357 | 42.64865 | 4.922833 | 66.94597 | |

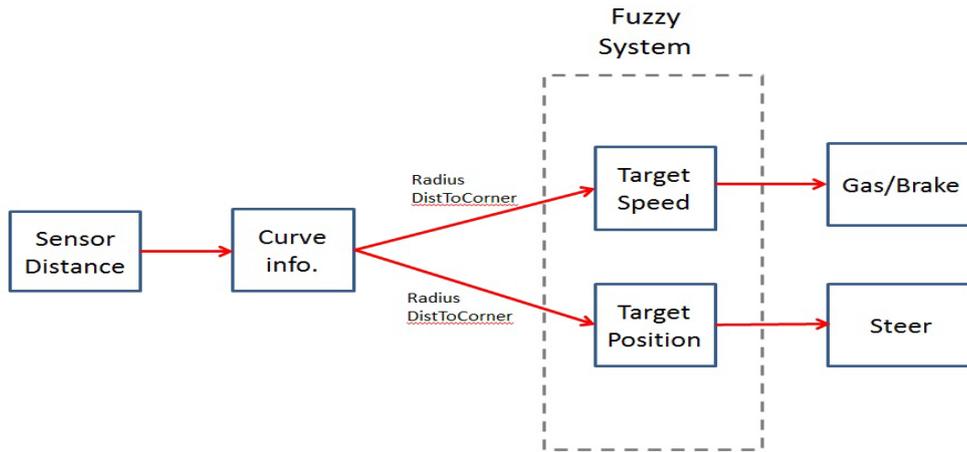


圖 4-4 目標入彎速度與目標入彎點模組架構圖

目標入彎速度和目標入彎點模組由模糊邏輯系統所構成，其輸入值(曲率半徑)成員函數如圖 4-6 所示，其輸出值(入彎速度、入彎位置)成員函數如圖 4-7 和圖 4-8 所示，圖 4-5 展示其模糊規則。

- 1.If *Radius* is *High* then $Target_{speed}$ is TS_3
- 2.If *Radius* is *Medium* then $Target_{speed}$ is TS_2
- 3.If *Radius* is *Low* then $Target_{speed}$ is TS_1
- 4.If *Radius* is *High* then $Target_{position}$ is TP_1
- 5.If *Radius* is *Midium* then $Target_{position}$ is TP_2
- 6.If *Radius* is *Low* then $Target_{position}$ is TP_3

圖 4-5 目標入彎模組之模糊規則

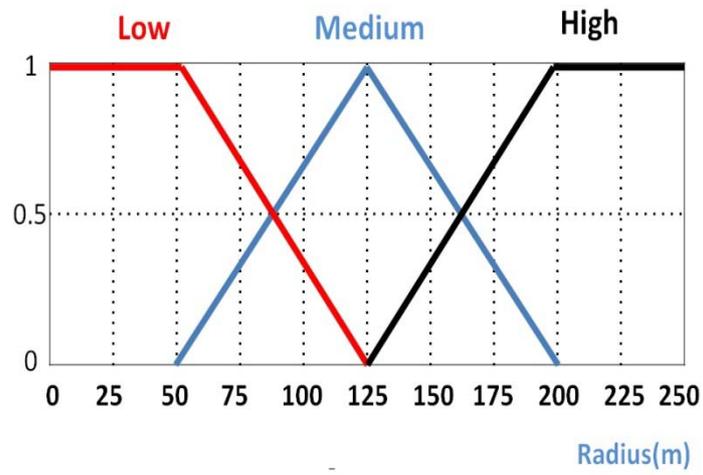


圖 4-6 輸入值成員函數

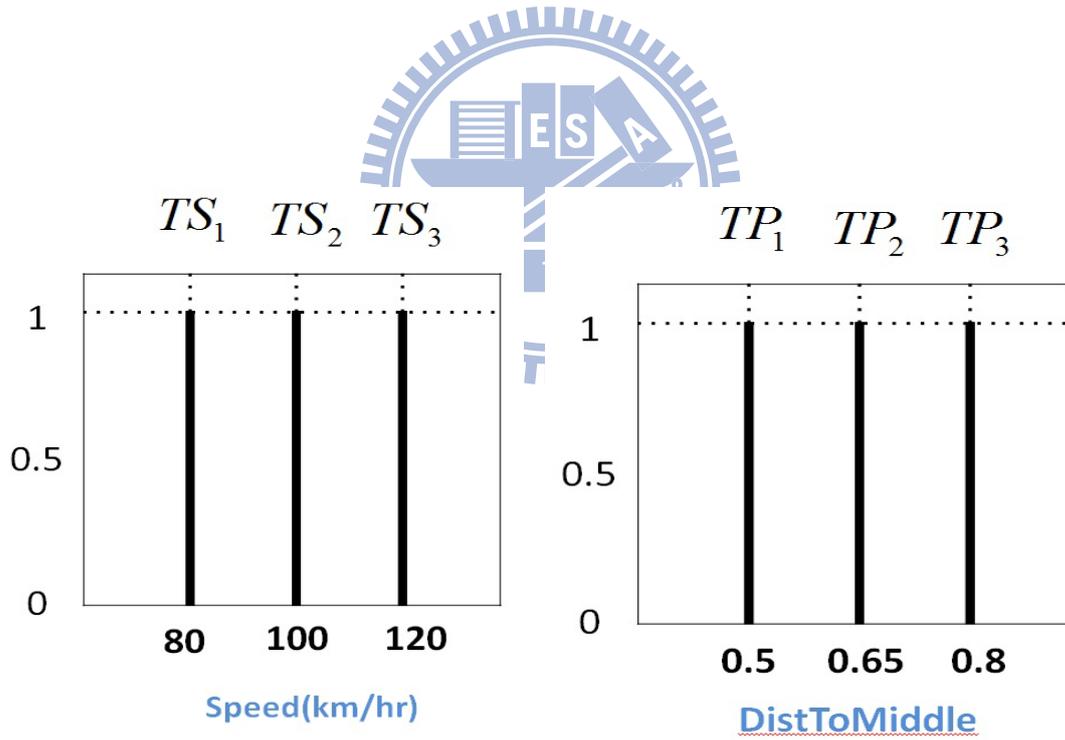


圖 4-7 目標入彎速度成員函數

圖 4-8 目標入彎點成員函數

第五章 實驗結果

5.1 軌跡與成績比較

我們讓上述的系統實作在原本已有基底架構的 AI 控制器上，成為新的 AI 控制器，與舊的控制器 AI 作比較，讓新舊 AI 分別在 TORCS 內建的兩個賽道中(CG Track2, Aalborg)比較其軌跡，新的 AI 控制器所跑之結果如圖 5-2, 圖 5-4 所示，舊的 AI(無規劃)控制器所跑之結果如圖 5-1, 圖 5-3 所示，圖中賽道分別為直線部分和彎道部分所組成，在圖中線段較密部分為彎道部分，其餘為直線部分。

觀察彎道前直線段，在舊 AI 控制器的軌跡部分，可發現其軌跡大部分時間維持在賽道中心線附近，而新的 AI 控制器因為在彎道前提早規劃了入彎點，所以在進入彎道前車子會逐漸向外側入彎點靠近，獲得更佳的過彎視野。

最後的成績結果則如表 5-1 所示，記錄完成時間、圈數、最高速度、賽道、和控制器，結果顯示新的控制器 AI 雖然在入彎前提早規劃了入彎點和入彎速度，但整體表現仍落後原本的 AI，歸納其原因有二：一是入彎速度的輸出值遠低於原本在第三章所提到的舊目標速度模組，造成整體平均速度低落，二是出彎點和出彎速度的部分目前並無規劃，仍沿用原有模組，造成整體路線規劃效果不佳。

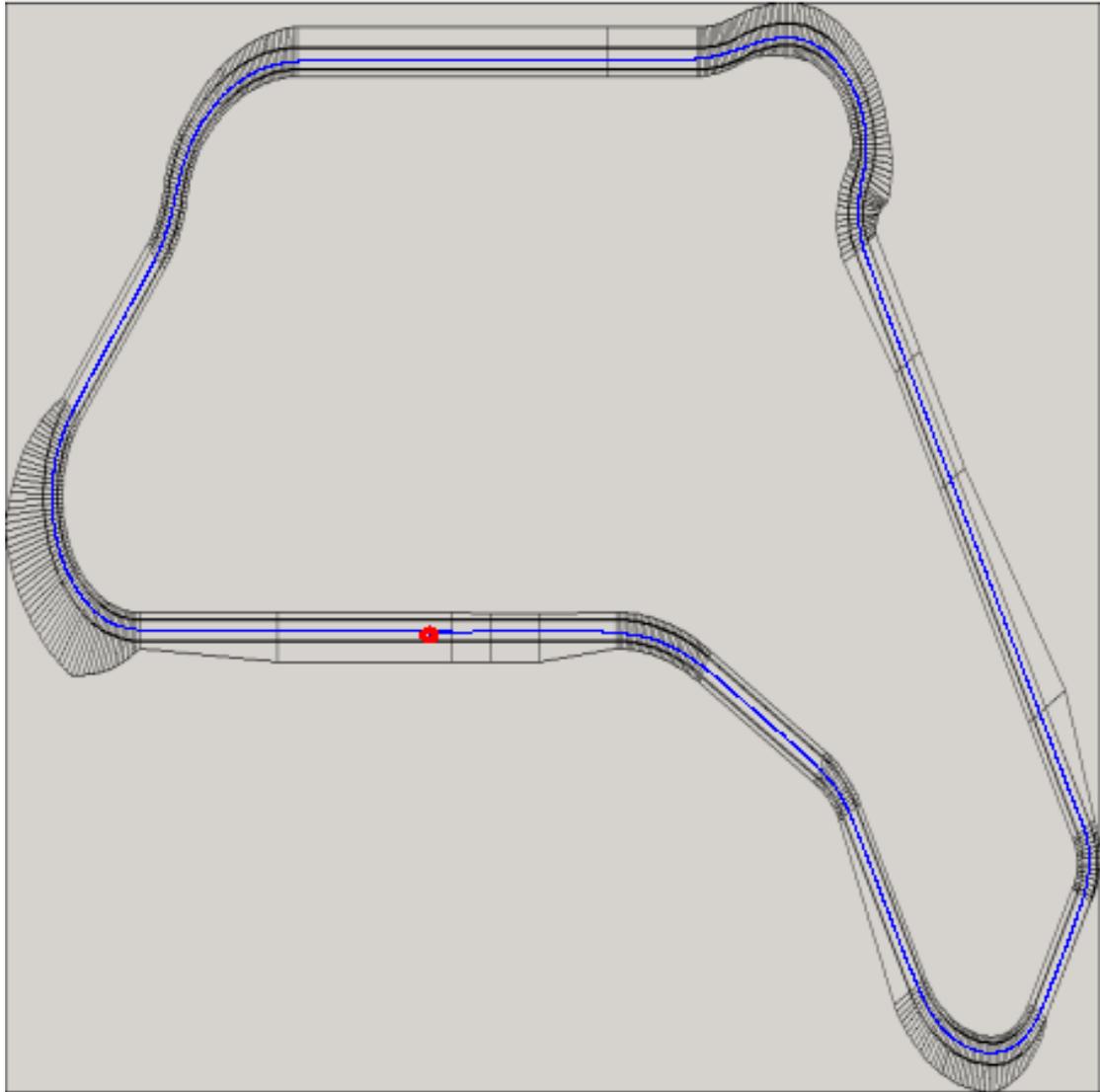


圖 5-1 CG-Track2 無規劃軌跡圖

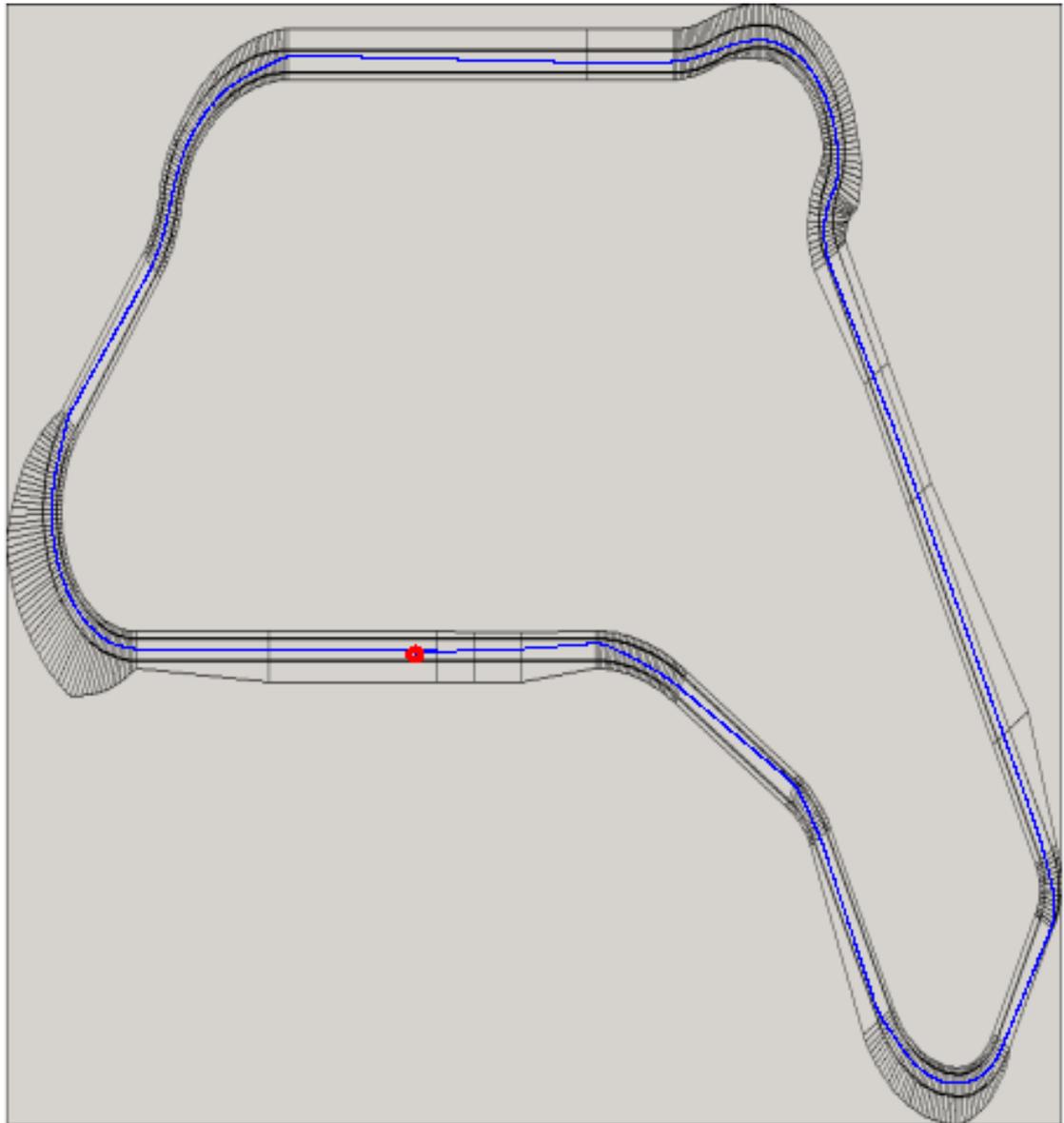


圖 5-2 CG-Track 2 有規劃軌跡圖

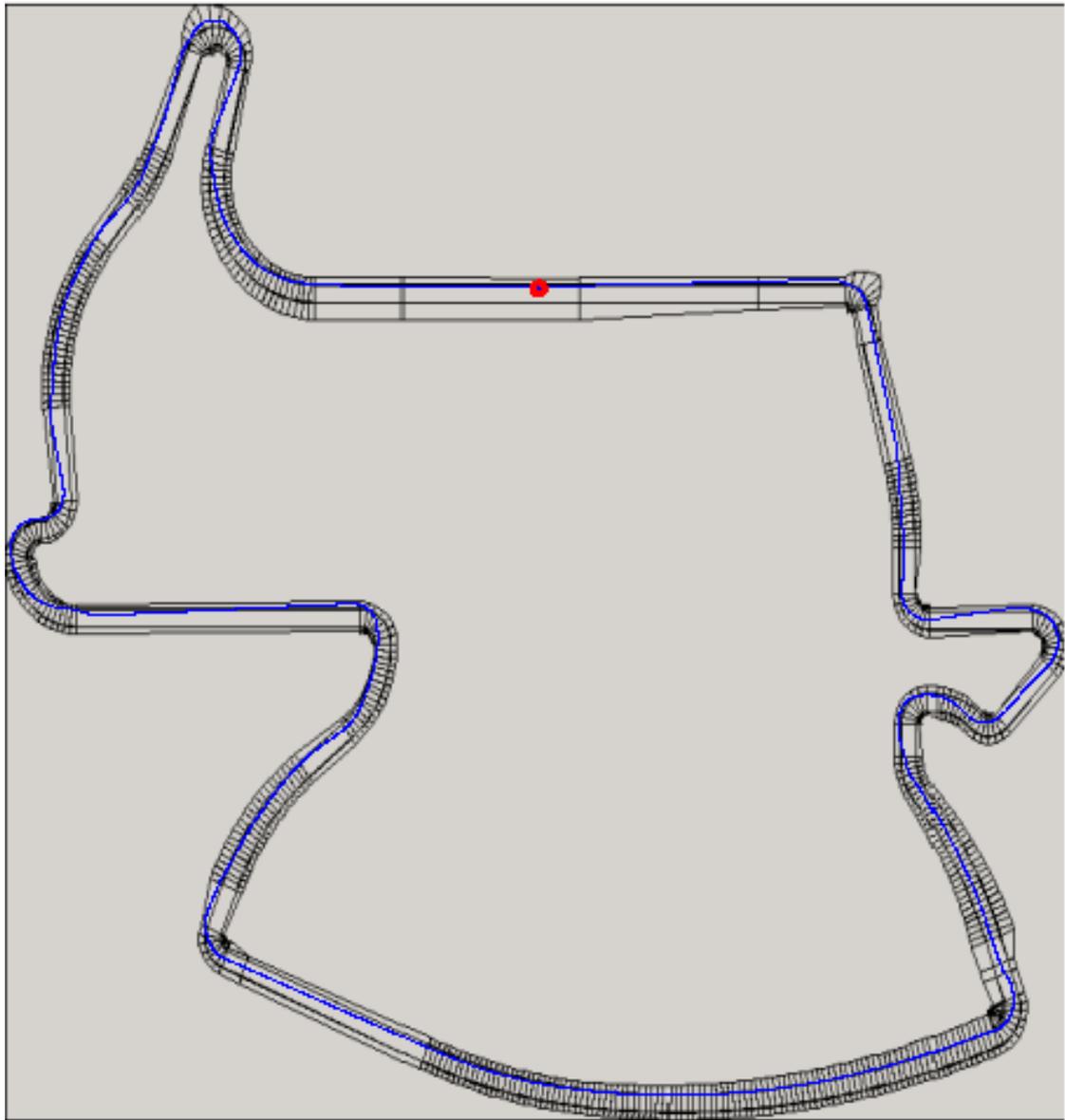
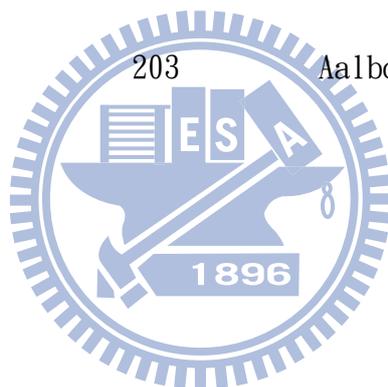


圖 5-4 Aalborg 有規劃軌跡圖

表 5-1 新舊 AI 控制器單圈成績比較

| 完成時間(分: 秒:毫秒) | 圈數(Laps) | 最高速度(Top Speed) | 賽道(Track) | 控制 AI(controller) |
|------------------|----------|--------------------|------------|-------------------|
| 01:23:91 | 1 | 210 | CG-Track 2 | 新 AI |
| 01:09:51 | 1 | 242 | CG-Track 2 | 舊 AI |
| 01:44:30 | 1 | 186 | Aalborg | 新 AI |
| 01:31:52 | 1 | 203 | Aalborg | 舊 AI |



第六章 結論與未來展望

本文中透過車子前方向內外側張開 35° 角的距離偵測器偵測車子前方彎道，藉由各角度回傳的距離值反推導出彎道得曲率半徑與自身與彎道距離，進一步作出規劃的動作，其準確率在單一彎道下，隨著自身與彎道越近，準確率越高，但偵測器在連續彎道下，無法準確偵測彎道死角後方接續的彎道而作出提早規劃，實用性大打折扣，如何運用另一類型的偵測器輔助或者改進偵測器偵測條件及範圍，以增加其準確性，都是往後值得深加研究的方向。

經由偵測器獲取的值除了縱向位置與距離外，車頭方向與賽道中心線的相對角度也是重要的影響因素，由於車子在改變行進方向實車頭方向也會隨之改變，所以如何修正相對角度所帶來的誤差，讓此套系統能夠更全面更廣泛的適用各種情況下，也是未來可以加強的部分。

目前新的控制器 AI 在整體表現上仍落後舊的控制器 AI，在出彎點和出彎速度規劃以及目標入彎速度和目標入彎點模組成員函數的最佳化是未來改進的首要目標，希望以極佳的入彎點和出彎點在彎道規畫出更佳路徑，搭配更加的速度控制兼顧穩定度，超越原有 AI 成績。

参考文献

- [1] Togelius, J.; De Nardi, R.; Lucas, S.M., "Towards automatic personalised content creation for racing games," *Proc. CIG (Computational Intelligence in Games)*, pp.252-259, 2010.
- [2] Togelius, J., "Optimization, Imitation and Innovation: Computational Intelligence and Games," *PhD Thesis, University of Essex*, 2007.
- [3] Togelius, J., De Nardi, R. and Lucas, S.M., "Making Racing Fun Through Player Modeling and Track Evolution," *In: Proceedings of the SAB'06 Workshop on Adaptive Approaches for Optimizing Player Satisfaction in Computer and Physical Games*, pp.61-70, 2006
- [4] Muñoz, J.; Gutierrez, G.; Sanchis, A., "A human-like TORCS controller for the Simulated Car Racing Championship," *Proc. CIG (Computational Intelligence in Games)*, pp.473-480, 2010.
- [5] Quadflieg, J.; Preuss, M.; Kramer, O.; Rudolph, G., "Learning the Track and Planning Ahead in a Car Racing Controller," *Proc. CIG (Computational Intelligence in Games)*, pp.395-402, 2010.
- [6] Cardamone, L.; Loiacono, D.; Lanzi, P.L., " Learning drivers for TORCS through imitation using supervised methods," *Proc. CIG (Computational Intelligence in Games)*, pp.148-155, 2009.
- [7] Cardamone, L.; Loiacono, D.; Lanzi, P.L., " Evolving Competitive Car Controllers for Racing Games with neuroevolution," *Proc. GECCO (Proceedings of the 11th Annual conference on Genetic and evolutionary computation)*, pp.1179-1186, 2009.
- [8] Onieva, E.; Cardamone, L.; Loiacono, D.; Lanzi, P.L., " Overtaking opponents

- with blocking strategies using fuzzy logic,” *Proc. CIG (Computational Intelligence in Games)*,pp.123-130,2010
- [9] Van Hoorn, N., Togelius, J., Wierstra, D. and Schmidhuber, J.,” Robust player imitation using multiobjective evolution,” *In: Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation*,pp.652-659,2009
- [10] Enrique Onieva, David A. Pelta, Vicente Milanés and JoshuePérez,”A fuzzy-rule-based driving architecture for non-player characters in a car racing game,” *In: Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*,Volume 15,number 8,pp.1617-1629,2011
- [11] Cardamone, L.; Loiacono, D.; Lanzi, P.L.,” Bardelli, A.P.; Searching for the Optimal Racing Line Using Genetic Algorithms,”*Proc. CIG (Computational Intelligence in Games)*,pp.388-394,2010.
- [12] " The open racing car simulator website. " [Online]. Available:<http://torcs.sourceforge.net/>

