

中華民國第42屆中小學科學展覽會

∴∴ 作品說明書 ∴∴

國中-數學科

科 別：數 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：小車位大學問

關 鍵 詞：迴轉半徑、停車位

編 號：030403

學校名稱：

臺北縣立福和國民中學

作者姓名：

劉軒志、張引碩、彭瑋翔、謝明翰

指導老師：

鄭釗鋒、林政輝



小車位大學問

壹、摘要

首先，我們上網找尋相關資料以及必備知識。如：汽車規格、阿克曼原理。其次，我們查出一些公用停車格大小及規劃方式，並利用所得資料，適當取值，作為初始值。接著考慮以最小迴轉半徑，一次轉彎，利用 GSP 繪圖程式及計算機求出各種類型停車格所需的最小車道寬。最後，以研究出的相關資料得出停車位規劃圖各種可能的計算式，利用 Visual Basic 6.0 寫出程式得出初步停車位規劃圖。

貳、研究動機

在日常生活中，我們常看到駕駛為了停車問題而傷腦筋。很顯然，是因為停車位數量太少造成的。剛好在國民中學數學第四冊 P.216 的自我評量 4-1裡，老師講解題目，順便補充有關車子要如何才能轉彎，及有關迴轉半徑的問題。接著，我們上網找尋一些相關資料。利用這些認知，我們嘗試能否找到較好的停車位規劃方式？使得停車安全又能讓停車格數量變多，做為我們本年度的科展主題。

參、研究目的

- 一、利用迴轉半徑求出各種停車格所需的最小車道寬。
- 二、試著比較出 $m \times n$ 停車場主體為斜擺、直擺、橫擺之優劣。
- 三、在給定的 $m \times n$ 矩形停車場中，做出停車場的初步規劃圖，使能停車的數量儘可能多。

肆、研究設備及器材

Visual Basic 6.0、GSP 繪圖程式、計算機、電腦、捲尺

伍、研究過程

一、前言

根據阿克曼原理，汽車設計為轉彎時車輪會轉動而不會移動，因此整部車子會繞著瞬時中心作旋轉。而瞬時中心位置，為分別從兩個前輪的中心點作與輪胎垂直的直線，這兩條直線會與後輪軸的延長線交於一點，此點即為瞬時中心。（如下圖 1 所示）

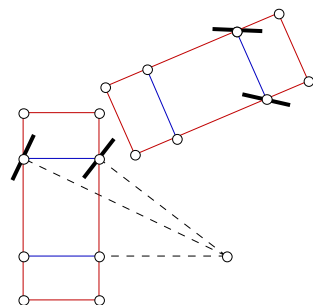


圖 1

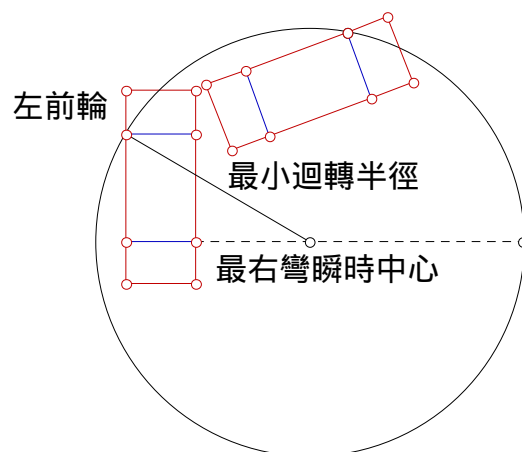


圖 2

所有汽車在設計時，都會有一個最小迴轉半徑，迴轉半徑的定義是在轉彎時將方向盤向右（或向左）打到底，此時左前輪（或右前輪）與瞬時中心的距離。如圖 2 所示。

二、為了方便說明，我們定相關名稱如下(如圖 3、4)：

- (一) A：車身左前角 B：車身左後角
 C：車身右後角 D：車身右前角
 E：右後輪 F：左後輪
 G：左前輪 H：右前輪

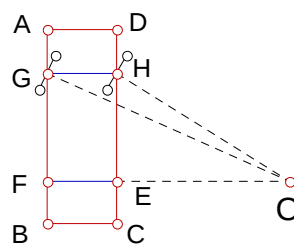


圖 3

(二) 軸距： $\overline{GF}$

(三) 瞬時中心： $O(O')$

(四)(最小)迴轉半徑： $\overline{OG}(\overline{O'H})$

(五) 車長： $\overline{AB} = d$ 公尺

車寬： $\overline{BC} = c$ 公尺

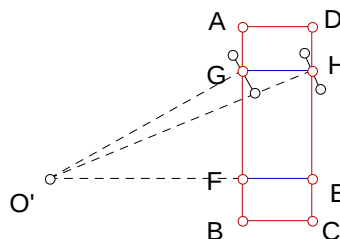


圖 4

(六) $r_1 = \overline{OA}(\overline{O'D})$ $r_2 = \overline{OB}(\overline{O'C})$ $r_3 = \overline{OE}(\overline{O'F})$

(七) 停車位

1. 斜擺：長 = b 公尺，寬 = a 公尺，車道寬 w_1 公尺
2. 直擺：長 = b 公尺，寬 = a 公尺，車道寬 w_2 公尺
3. 橫擺：長 = b 公尺，寬 = a' 公尺，車道寬 w_3 公尺

三、資料查詢

車型	車長(mm)	車寬(mm)	軸距(mm)	最小迴轉半徑(m)
NISSAN CEFIRO	4920	1780	2750	5.4
TIERRA LS	4470	1695	2610	5.2
VTEC 2000	4795	1785	2715	5.6
HONDA STREAM	4570	1695	2720	5.5
HONDA S2000	4135	1720	2400	5.4
2.0 GRAND VITAPA 5	4195	1780	2480	5.3
RENAULT SCENIC	4168	1719	2580	5.57
RENAULT RX4	4446	1785	2624	5.57
BMW 318i	4471	1739	2725	5.25
BMW 318 Ci	4488	1757	2725	5.25
AUDI A6 1.8T	4769	1810	2760	5.55
ALFA ROMEO 147 1.6	4170	1905	2546	5.7
ALFA ROMEO 156 2.0TS	4430	1745	2595	5.55
CHRYSLER Next Neon	4430	1715	2667	5.4
CITROEN Xsara N7 1.6V	4188	1705	2540	5.35
FORD Tierra 2.0	4470	1695	2610	5.35
平均	4444.69	1751.88	2627.94	5.43

由上圖表，我們取平均值得

車長 $d = 4.44 \text{ m}$

車寬 $c = 1.75 \text{ m}$

軸距 $= 2.63 \text{ m}$

迴轉半徑 $= 5.43 \text{ m}$

四、定停車位大小

(一) 停車位資料查詢

停車場	停車格長(cm)	停車格寬(cm)	附註
金華公園地下停車場	564	198	直擺
建國南路停車場	587	232	橫擺
師大停車場	449	218	直擺
大安森林公園停車場	566	216	直擺
四號公園停車場	569	192	橫擺
青年公園停車場	553	197	直擺
三軍總醫院停車場	451	230	斜擺
兒童交通博物館	539	214	直擺
台灣大學地下停車場	512	239	直擺
永和國小停車場	596	225	直擺
永貞路路邊	586	235	橫擺

從上面資料，我們發現停車位大小差距過大，取平均值意義不大。因此，我們向有經驗的駕駛請教，在安全考量下得出利用車長前後各加 0.4 公尺，車寬左右各加 0.3 公尺做為停車格大小。如下：

1. 直擺(如圖 5)

停車格長 $b = 4.44 + 2 \times 0.4 = 5.24 \text{ m}$

停車格寬 $a = 1.75 + 0.3 \times 2 = 2.35 \text{ m}$

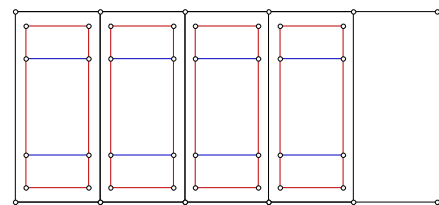


圖 5

2. 橫擺：相鄰兩停車位共用一空間(如圖之”S”區域)。如此，為較佳設計。(如圖 6)

停車格長 $b = 4.44 + 2 \times 0.4 = 5.24 \text{ m}$

停車格寬 $a' = 1.75 + 0.3 = 2.05 \text{ m}$ (僅給一邊安全距離 0.3 公尺)

3. 斜擺(如圖 7)：

停車格長 $b = 4.44 + 2 \times 0.4 = 5.24 \text{ m}$

停車格寬 $a = 1.75 + 0.3 \times 2 = 2.35 \text{ m}$

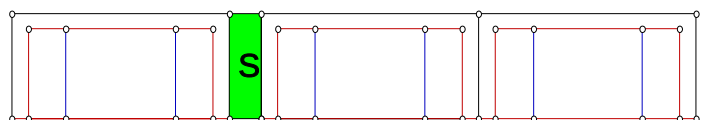


圖 6

又可斜擺則 $\overline{PU} \geq \overline{PT}$

令 $\angle RQV = \theta_1 \Rightarrow \angle QPU = \angle PST = \theta_1$

$$\overline{PQ} \cos \theta_1 \geq \overline{PS} \sin \theta_1$$

$$\tan \theta_1 \leq \frac{\overline{PQ}}{\overline{PS}} = \frac{5.24}{2.35} \approx 2.23$$

$$\text{得 } 0^\circ \leq \theta_1 \leq 65.8^\circ$$

〔註〕：本研究有關三角函數值的運算結果，皆使用計算機得到。

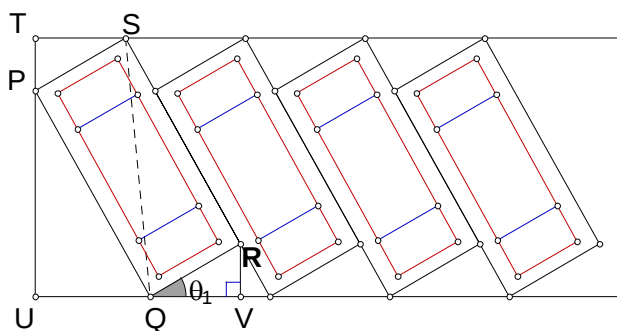


圖 7

(二) 令一層斜擺所需最小高度為 S_1

$$a \sin \theta_1 + b \cos \theta_1$$

$$= \sqrt{a^2 + b^2} \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \sin \theta_1 + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cos \theta_1 \right)$$

$$= \sqrt{a^2 + b^2} (\cos \alpha \sin \theta_1 + \sin \alpha \cos \theta_1)$$

$$= \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta_1 + \alpha)$$

$$\text{其中 } \alpha = \angle SQR = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

$$= \tan^{-1} \frac{5.24}{2.35}$$

$$\approx 65.8^\circ$$

$$\therefore \text{得 } \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta_1 + \alpha) = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta_1 + 65.8^\circ)$$

$\therefore$ 當 $\theta_1 = 65.8^\circ$ 時有最小值

$$\begin{aligned} \text{即 } S_1 &= \sqrt{a^2 + b^2} \sin 2 \times 65.8^\circ \\ &= \sqrt{2.35^2 + 5.24^2} \times \sin 131.6^\circ \\ &\approx 4.29 (m) \end{aligned}$$

(三) 令二層斜擺所需最小寬度為 S_2 ,

令 $\angle RQQ' = \theta_2$ (如圖 8)

$$a \sin \theta_2 + 2b \cos \theta_2$$

$$= \sqrt{a^2 + 4b^2} \sin(\theta_2 + \gamma)$$

$$\text{其中 } \gamma = \tan^{-1} \frac{2b}{a}$$

$$= \tan^{-1} \times \frac{2 \times 5.24}{2.35}$$

$$\approx \tan^{-1} 4.46$$

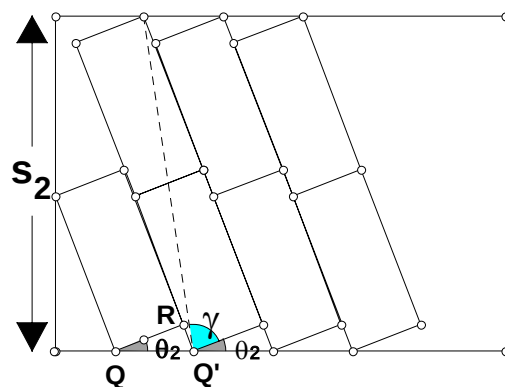


圖 8

$$\approx 77.4^\circ$$

$$77.4^\circ \leq \theta_2 + \gamma \leq 143.2^\circ$$

當 $\theta_2 = 65.8^\circ$ 時有最小值

$$\begin{aligned} \text{即 } S_2 &= \sqrt{a^2 + 4b^2} \sin(65.8^\circ + 77.4^\circ) \\ &= \sqrt{2.35^2 + 4 \times 5.24^2} \cdot \sin(65.8^\circ + 77.4^\circ) \\ &\approx 6.43 \text{ m} \end{aligned}$$

五、車道寬度之最小值

(一) 直擺(如圖 9)： $\overline{AP} = \overline{AB} \cos \alpha$

$$\begin{aligned} &= d \times \frac{c}{a} \\ &= 4.44 \times \frac{1.75}{2.35} \\ &\approx 3.31 \text{ m} \end{aligned}$$

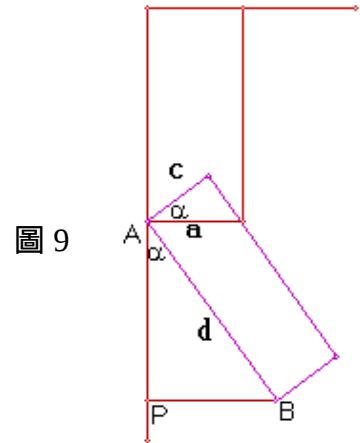


圖 9

(二) 橫擺(如圖 10)： $\overline{CP} = \overline{BC} \cos \alpha$

$$\begin{aligned} &= c \times \frac{d}{b} \\ &= 1.75 \times \frac{4.44}{5.24} \\ &\approx 1.48 \\ \text{又 } c &= 1.75 \text{ m} \\ \therefore \text{車道最小值取 } &1.75 \text{ m} \end{aligned}$$

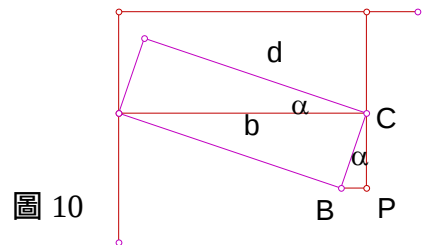


圖 10

(三) 斜擺(如圖 11)： $\overline{AP} = \overline{AB} \cos \alpha$

$$\begin{aligned} &= d \times \frac{c}{a \sec \theta} \\ &\approx \frac{3.31}{\sec \theta} \end{aligned}$$

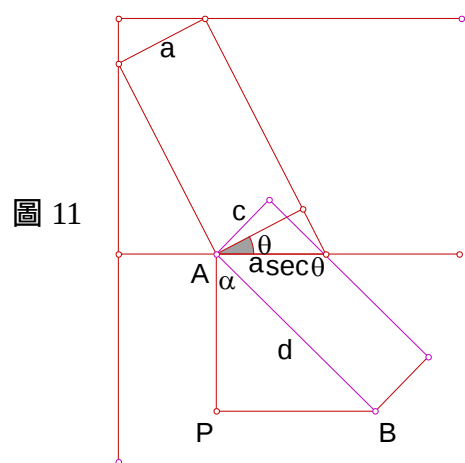


圖 11

上述所求之車道最小值實際上要經過無數次的移動才可能讓車子定位。所以現實生活中不可行。因此，我們尚需考慮求出可行的車道寬。

六、利用迴轉半徑定車道寬之最小值

(一) 斜擺：

當車子固定一個彎度能駛進停車格「適當位置」。那麼在現實環境中車子必能經過若干次的移動輕鬆安全地駛入停車格。因此，為了方便探討起見，我們以方向盤打到底，可倒車至停車格「適當位置」，進而利用此結論探討出車道寬之最小

值。

〔註〕：「適當位置」：車子倒轉時車子左後輪 F 點通過 Q 點(如圖 12)，及右後方 C 點與停車格左邊線相切(如圖 13)。

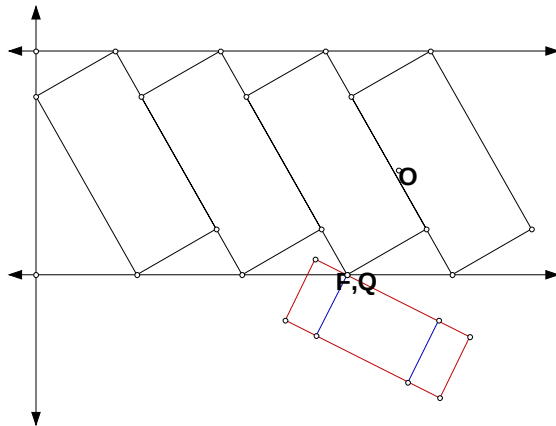


圖 12

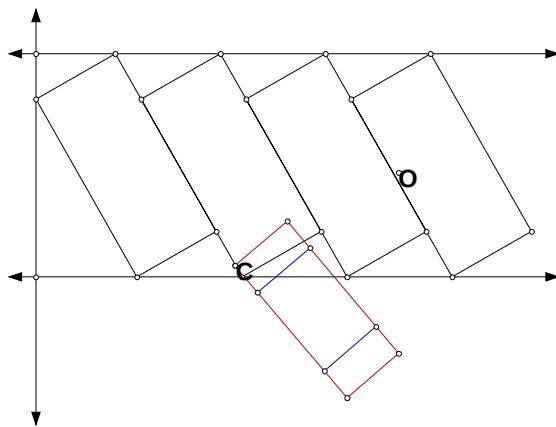


圖 13

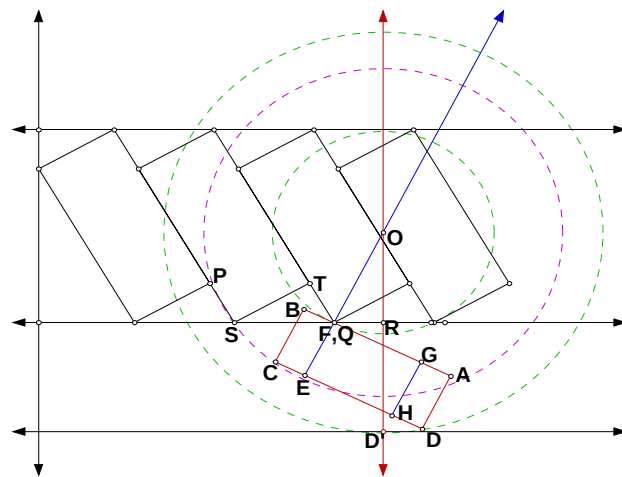


圖 14

按照上述分析，首先我們需找出瞬時中心 O'

令 $\overline{O'D} = r_1$, $\overline{O'C} = r_2$, $\overline{O'F} = r_3$

又車子迴轉半徑 $\overline{O'H} = 5.43 \text{ m}$

車子軸距 $\overline{HE} = 2.63 \text{ m}$

$\therefore$ 可得 $\overline{O'E} = \sqrt{\overline{O'H}^2 - \overline{HE}^2} = \sqrt{5.43^2 - 2.63^2} \approx 4.75 \text{ m}$

$$\overline{CE} = \overline{BF} = \frac{1}{2}(\overline{AB} - \overline{FG}) = \frac{1}{2}(4.44 - 2.63) \approx 0.91 \text{ m}$$

$$\overline{DE} = \overline{CD} - \overline{CE} = 4.44 - 0.91 = 3.53\text{m}$$

$$r_1 = \overline{O'D} = \sqrt{\overline{DE}^2 + \overline{O'E}^2} = \sqrt{3.53^2 + 4.75^2} \approx 5.92\text{m}$$

$$r_2 = \overline{O'C} = \sqrt{\overline{CE}^2 + \overline{O'E}^2} = \sqrt{0.91^2 + 4.75^2} \approx 4.84\text{m}$$

$$r_3 = \overline{O'E} - \overline{EF} = 4.75 - 1.75 = 3\text{m}$$

利用上述資料，我們可構圖如下

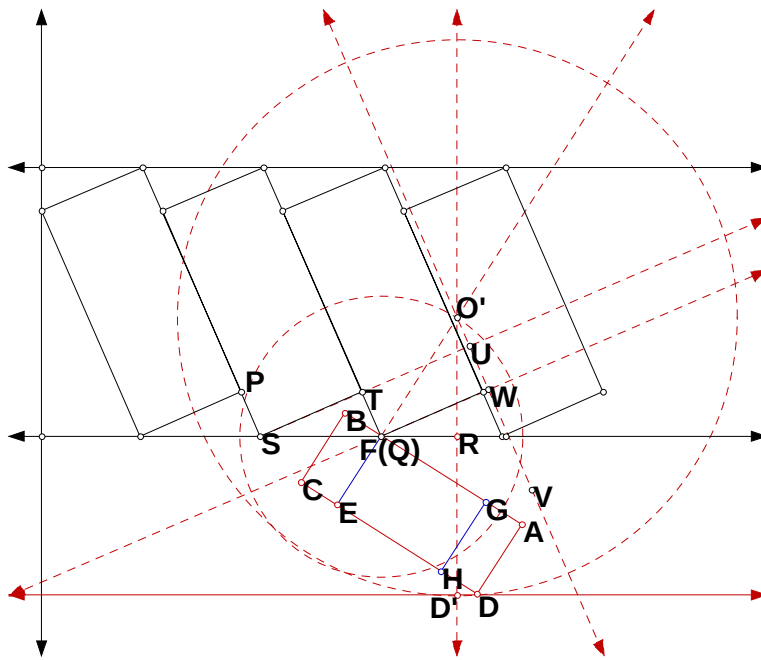


圖 15

1. 作 $\overrightarrow{ST}$ 且在 $\overrightarrow{ST}$ 上作 $\overline{SU} = r_2$
2. 作 $\overrightarrow{UV} \perp \overrightarrow{ST}$
3. 以Q為圓心， r_3 為半徑畫弧交 $\overrightarrow{UV}$ 於 O'

則 O' 為瞬時中心

4. 過Q點作出車身ABCD

接著，我們求車道寬。(如圖 15)

- (1)作 $\overline{QW} \perp \overline{O'U}$ 於W

$$\text{得 } \overline{QW} = \overline{SU} - \overline{ST} = r_2 - a$$

$$\therefore \cos(\angle O'QW) = \frac{\overline{QW}}{\overline{O'Q}} = \frac{r_2 - a}{r_3} \approx 0.83$$

$$\text{得 } \angle O'QW \approx 34^\circ$$

$$(2) \text{ 又 } \overline{O'R} = \overline{O'Q} \cdot \sin(\theta_2 + \angle O'QW)$$

$$= r_3 \sin(\theta_2 + 34^\circ)$$

$$\therefore \text{車道寬 } w_1 = \overline{O'D'} - \overline{O'R} = r_1 - r_3 \sin(\theta_2 + 34^\circ) \dots\dots\dots 1$$

(二)直擺

當 1 式中 $\theta_2 = 0^\circ$ 時為直擺(如圖 16)

$$\text{得 } w_2 = r_1 - r_3 \sin 34^\circ$$

$$= r_1 - r_3 \times \frac{\sqrt{r_3^2 - (r_2 - a)^2}}{r_3}$$

$$= r_1 - \sqrt{r_3^2 - (r_2 - a)^2}$$

$$= 5.92 - \sqrt{3^2 - (4.84 - 2.35)^2}$$

$$= 4.24 \text{ m}$$

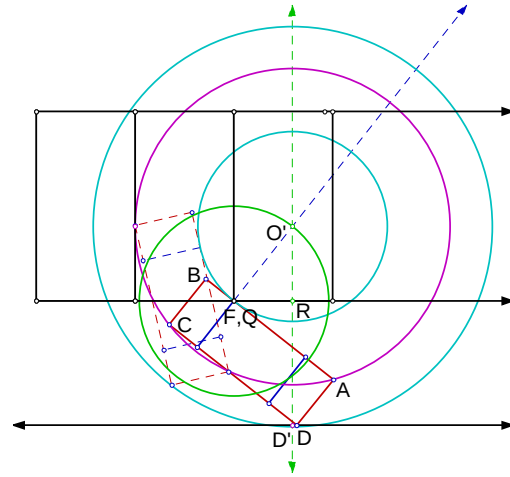


圖 16

(三)橫擺

我們考慮將車子與停車格右下方兩邊相切來計算車道最小值。

又當停車格為橫擺時，進出的方式可分為三個階段：車頭轉出、直開、車身轉平。如下圖中第一步先以 O' 為旋轉中心，將 D 轉至 D_1 ；再直行，將 D_1 移至 D_2 ；第三步再以 O 為旋轉中心，將車身轉平就可以了。

值得注意的是，圖中的 D_1 與前一個停車格的角落重合，但是停車格的長度不一定就是 $\overline{BD_1}$ 。 $\overline{BD_1}$ 代表的意義是當橫擺的車子要轉出時，所需要最短的前後長度。

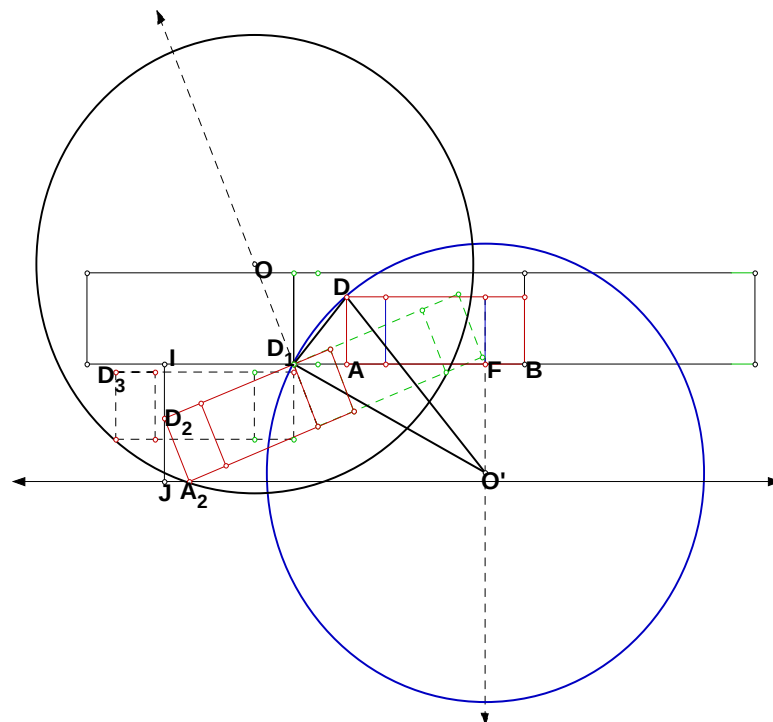


圖 17

$$\begin{aligned}
\text{由上圖可得 } \overline{FD_1} &= \sqrt{\overline{O'D_1}^2 - \overline{O'F}^2} \\
&= \sqrt{r_1^2 - r_3^2} \\
&= \sqrt{5.92^2 - 3^2} \\
&\approx 5.1m
\end{aligned}$$

可得橫擺兩車之間共用空間寬 = $5.1 + 0.91 - 5.24 = 0.78 \text{ m}$

$$\therefore \overline{DD_1} = \sqrt{\overline{AD}^2 + \overline{AD_1}^2} = \sqrt{1.75^2 + (0.77 + 0.8)^2} \approx 2.35 \text{ m}$$

$$\text{又 } \overline{DO'} = \overline{D_1O'} = r_1 = 5.92m$$

$$\therefore \cos(\angle DO'D_1) = \frac{5.92^2 + 5.92^2 - 2.35^2}{2 \times 5.92 \times 5.92} \approx 0.92$$

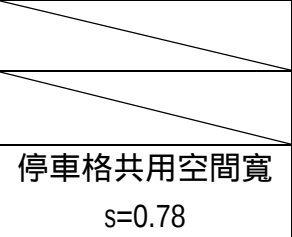
$$\text{得 } \angle DO'D_1 \approx 23^\circ$$

過 D_2 作車道寬 $\overline{IJ} \perp \overline{AB}$

$$\begin{aligned}
\therefore \text{車道寬 } \overline{IJ} &= \overline{ID_2} + \overline{JD_2} \\
&= \overline{D_1D_2} \cdot \sin 23^\circ + \overline{A_2D_2} \cos 23^\circ \\
&= 3.535 \cdot \sin 23^\circ + 1.75 \cos 23^\circ \\
&\approx 3 \text{ m}
\end{aligned}$$

七、以 VB-6.0 設計出停車位規劃圖

首先我們先將上述所得數據(單位:公尺)整理列表如下:

類別 \ 項目	停車位		車道寬	註
	長	寬		
斜擺	a=2.35	b=5.24	$w_1 = 5.92 - 3 \cdot \sin(\theta_2 + 34^\circ)$	
直擺	a=2.35	b=5.24	$w_2 = 4.24$	
橫擺	a'=2.05	b=5.24	$w_3 = 3.00$	

由於我們將車道及停車格長寬等設定得較寬。事實上，所有的設定都可以彈性調整，進而空出四周圍。所以，四周圍的剩餘個數可以暫時忽略，只要比較內部停車位個數，來判斷要使用何種擺法即可。

若我們考慮主體(內部)為斜擺與橫擺則

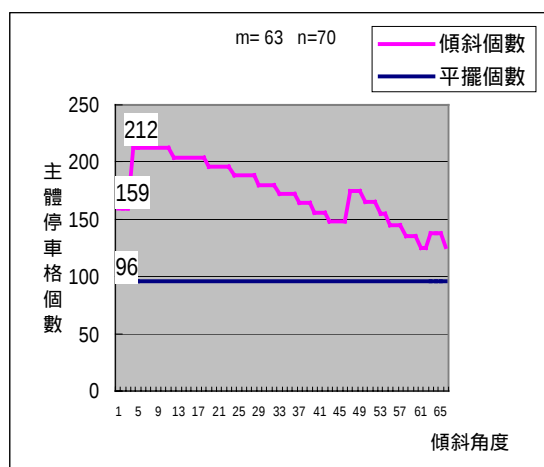
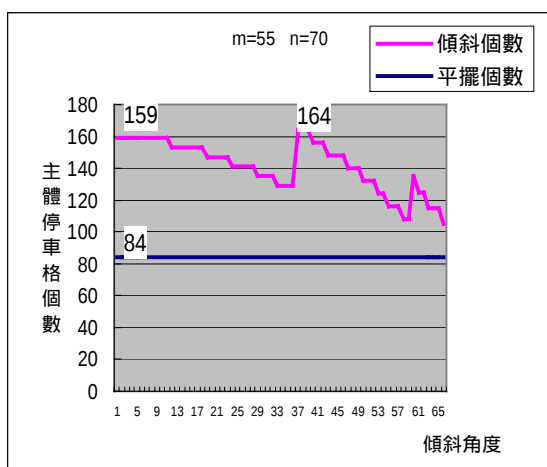
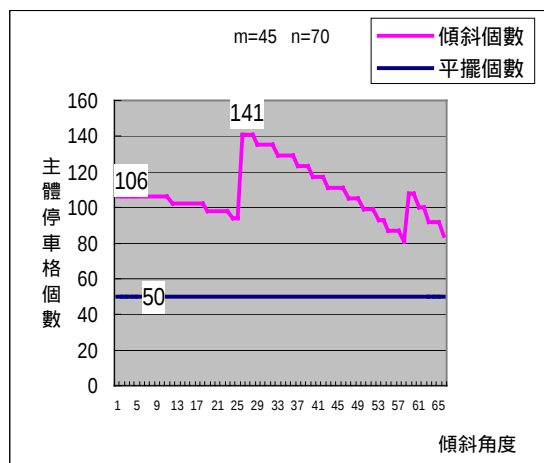
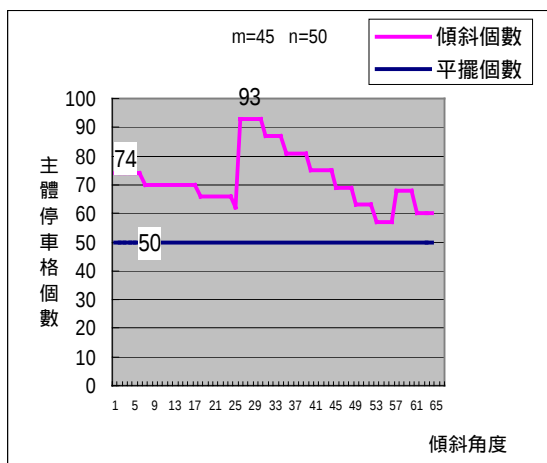
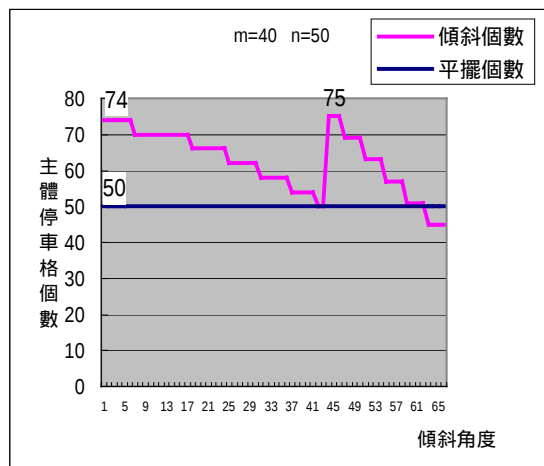
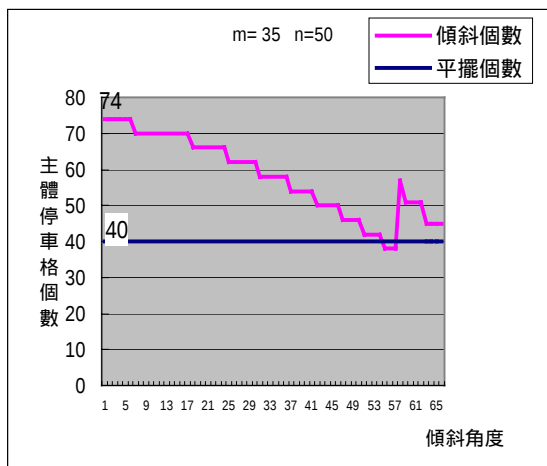
$$(一) \text{斜擺主體總停車位數量} = \left(2 \left[\frac{n - 2a}{a \sec \theta_2} \right] - 1 \right) \times \left[\frac{m - w_1}{a \sin \theta_2 + 2b \cos \theta_2 + w_1} \right]$$

PS：當 $\theta_2 = 0^\circ$ 時為直擺

$$(二) \text{橫擺主體總停車位數量} = 2 \left[\left[\frac{n-2a}{2b+s} \right] + \left[\frac{n - \left[\frac{n-2a}{2b+s} \right] (2b+s)}{b} \right] \right] \cdot \left[\frac{m-w_3}{2a'+w_3} \right]$$

[]：為高斯符號

由於變數有 m 、 n 、 θ_2 ，比較大小直接計算明顯不易。因此，我們寫出程式，得出數據。利用 Excel 做出折線圖如下：



當 $\theta_2 = 0^\circ$ 時，所對應的總個數就是直擺的個數。

由圖中可以發現，直擺的個數比橫擺多。為了驗證，我們寫出程式試著找出橫擺較佳的情況(如附錄)。發現除了 m 太小而無法直擺外，並沒有橫擺較佳的情況。因此，我們在設計停車場規劃圖時，可以將主體橫擺的情況去除。

當我們比較主體斜擺和直擺，由上面折線圖可以看出，存在斜擺較好的情況。因此，我們需比較斜擺時的各角度情況，再找出最佳狀況，做出規劃圖。

接著，我們考慮主體為斜擺時

當給定矩形 $m \times n$ 的停車場，其中 $m \geq n$ ，則

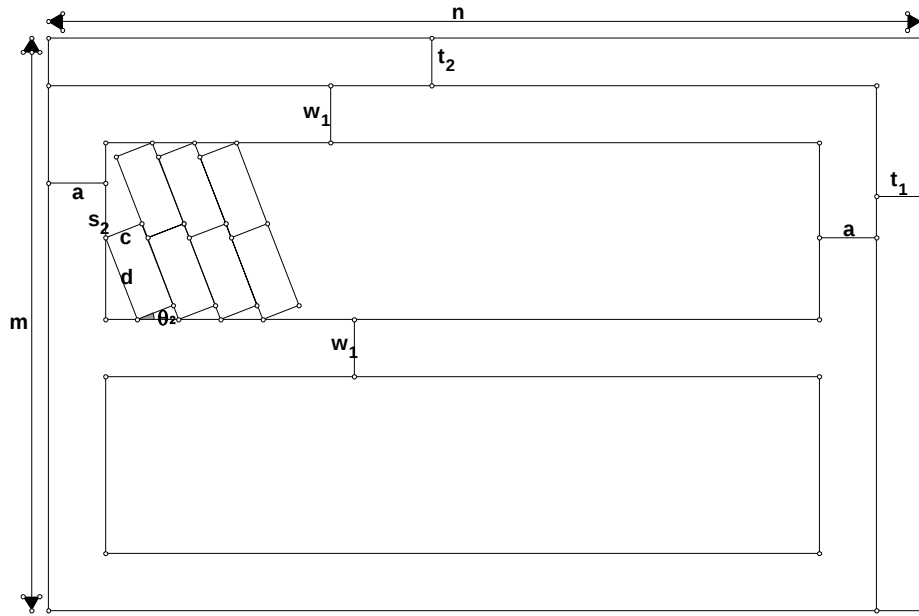


圖 18

$$\text{雙斜的高度 } s_2 = 2b \cos \theta_2 + a \sin \theta_2$$

$$\text{單排雙層個數 } k_1 = 2 \times \left\lceil \frac{n - 2a - b \sin \theta_2 - a \cos \theta_2}{a \sec \theta_2} \right\rceil + 1$$

$$\text{排數 } k_2 = \left\lceil \frac{m - w_1}{s_2 + w_1} \right\rceil$$

$$\text{橫向剩餘長度 } t_1 = n - 2a - a \cos \theta_2 - b \sin \theta_2 - \frac{(k_1 - 1)a \sec \theta_2}{2}$$

$$\text{縱向剩餘長度 } t_2 = m - w_1 - k_2(s_2 + w_1)$$

$$\text{橫向斜擺一排個數 } h = \left\lceil \frac{n - b \sin \theta_1 - a \cos \theta_1}{a \sec \theta} \right\rceil + 1$$

$$\text{橫向橫擺一排個數 } h_1 = \left\lceil \frac{n}{2b + s} \right\rceil + \left\lceil \frac{n - \left\lceil \frac{n}{2b + s} \right\rceil (2b + s)}{b} \right\rceil$$

$$\text{縱向橫擺一排個數 } h_2 = \left\lfloor \frac{m}{2b+s} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{m - \left\lfloor \frac{m}{2b+s} \right\rfloor (2b+s)}{b} \right\rfloor$$

令 θ_3 為縱向斜擺的傾斜角度，則

$$\text{縱向斜擺一排個數 } h_3 = \left\lfloor \frac{m - b \sin \theta_3 - a \cos \theta_3}{a \sec \theta_3} \right\rfloor + 1$$

1. 當 $0 \leq t_1 < a'$ 且

(1) 當 $0 \leq t_2 < a'$ 時 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2$

(2) 當 $a' \leq t_2 < 2a'$ 時，橫向可加一排橫擺 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h_1$

(3) 當 $2a' \leq t_2 < s_1$ 時，橫向可加兩排橫擺 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + 2h_1$

(4) 當 $s_1 \leq t_2 < b$ 時，橫向可加一排斜擺 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h$

(5) 當 $b \leq t_2 < s_1 + a'$ 時，橫向可加一排直擺 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + \left\lfloor \frac{n}{a} \right\rfloor$

(6) 當 $s_1 + a' \leq t_2 < a' + b$ 時，橫向可加一排斜擺和一排橫擺

$\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h + h_1$

(7) 當 $a' + b \leq t_2 < 2s_1$ 時，橫向可加一排橫擺和一排直擺

$\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h_1 + \left\lfloor \frac{n}{a} \right\rfloor$

(8) 當 $2s_1 \leq t_2 < s_1 + b$ 時，橫向可加兩排斜擺 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + 2h$

(9) 當 $s_1 + b \leq t_2 < 2b$ 時，橫向可加一排斜擺和一排直擺

$\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h + \left\lfloor \frac{n}{a} \right\rfloor$

2. 當 $a' \leq t_1 < 2a'$ 時，縱向可加一排橫擺且

(1) 當 $0 \leq t_2 < a'$ 時 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h_2$

(2) 當 $a' \leq t_2 < 2a'$ 時，橫向可加一排橫擺

$\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h_1 + h_2 - 1$

(3) 當 $2a' \leq t_2 < s_1$ 時，橫向可加兩排橫擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + 2h_1 + h_2 - 2$$

(4) 當 $s_1 \leq t_2 < b$ 時，橫向可加一排斜擺 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h + h_2 - 1$

(5) 當 $b \leq t_2 < s_1 + a'$ 時，橫向可加一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + h_2 - 1$$

(6) 當 $s_1 + a' \leq t_2 < a' + b$ 時，橫向可加一排斜擺和一排橫擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h + h_1 + h_2 - 2$$

(7) 當 $a' + b \leq t_2 < 2s_1$ 時，橫向可加一排橫擺和一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h_1 + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + h_2 - 2$$

(8) 當 $2s_1 \leq t_2 < s_1 + b$ 時，橫向可加兩排斜擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + 2h + h_2 - 2$$

(9) 當 $s_1 + b \leq t_2 < 2b$ 時，橫向可加一排斜擺和一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + h_2 - 2$$

3. 當 $2a' \leq t_1 < s_1$ 時，縱向可加二排橫擺且

(1) 當 $0 \leq t_2 < a'$ 時 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + 2h_2$

(2) 當 $a' \leq t_2 < 2a'$ 時，橫向可加一排橫擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h_1 + 2h_2 - 2$$

(3) 當 $2a' \leq t_2 < s_1$ 時，橫向可加兩排橫擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + 2h_1 + 2h_2 - 4$$

(4) 當 $s_1 \leq t_2 < b$ 時，橫向可加一排斜擺 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h + 2h_2 - 2$

(5) 當 $b \leq t_2 < s_1 + a'$ 時，橫向可加一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + 2h_2 - 2$$

(6) 當 $s_1 + a' \leq t_2 < a' + b$ 時，橫向可加一排斜擺和一排橫擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h + h_1 + 2h_2 - 4$$

(7) 當 $a' + b \leq t_2 < 2s_1$ 時，橫向可加一排橫擺和一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h_1 + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + 2h_2 - 4$$

(8) 當 $2s_1 \leq t_2 < s_1 + b$ 時，橫向可加兩排斜擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + 2h + 2h_2 - 4$$

(9) 當 $s_1 + b \leq t_2 < 2b$ 時，橫向可加一排斜擺和一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + 2h_2 - 4$$

4. 當 $2a' \leq t_1 < s_1$ 時

因為 $s_1 > 2a'$ ，所以在此情況下縱向剩餘空間可以擺放兩排橫擺或一排斜擺。我們必須比較兩排橫擺及一排斜擺的個數，來判定要使用何種方法。若橫擺較好，則情況與(3)相同。若斜擺較好，接著需考慮 t_2

(1) 當 $0 \leq t_2 < a'$ 時 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h_3$

(2) 當 $a' \leq t_2 < 2a'$ 時，橫向可加一排橫擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h_1 + h_3 - 1$$

(3) 當 $2a' \leq t_2 < s_1$ 時，橫向可加兩排橫擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + 2h_1 + h_3 - 2$$

(4) 當 $s_1 \leq t_2 < b$ 時，橫向可加一排斜擺 $\Rightarrow$ 停車位總個數 $= k_1 \cdot k_2 + h + h_3 - 1$

(5) 當 $b \leq t_2 < s_1 + a'$ 時，橫向可加一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + h_3 - 1$$

(6) 當 $s_1 + a' \leq t_2 < a' + b$ 時，橫向可加一排斜擺和一排橫擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h + h_1 + h_3 - 2$$

(7) 當 $a' + b \leq t_2 < 2s_1$ 時，橫向可加一排橫擺和一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h_1 + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + h_3 - 2$$

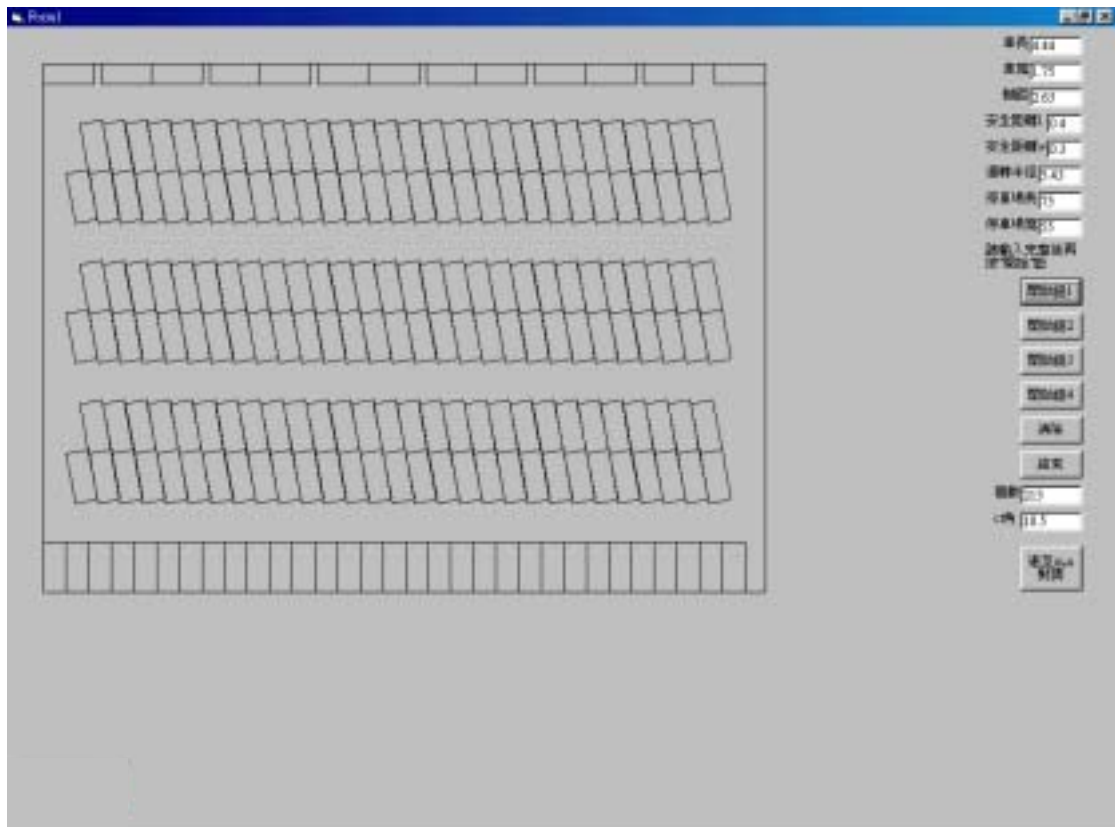
(8) 當 $2s_1 \leq t_2 < s_1 + b$ 時，橫向可加兩排斜擺

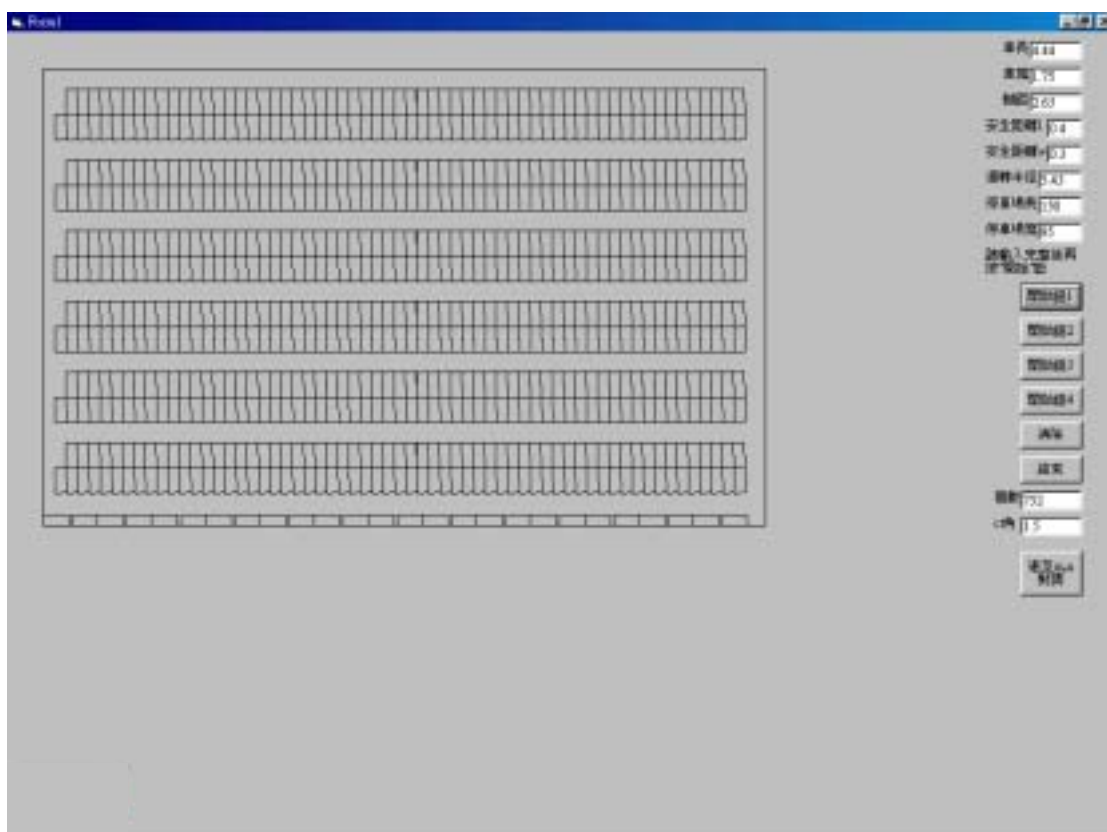
$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + 2h + h_3 - 2$$

(9) 當 $s_1 + b \leq t_2 < 2b$ 時，橫向可加一排斜擺和一排直擺

$$\Rightarrow \text{停車位總個數} = k_1 \cdot k_2 + h + \left\lceil \frac{n}{a} \right\rceil + h_3 - 2$$

根據上述計算式，可做出規劃圖如下：





第二個規劃圖外部只能多擺一排橫擺。所以我們可以將車道、停車格長寬等作適當的調整，使外部剩餘空間能夠擺斜擺或直擺。達到停車格儘可能多的目標。

陸、研究結論

一、述研究所需資料列表如下：

項 目		斜擺	直擺	橫擺
車 子	長	4.44 m		
	寬	1.75 m		
	軸距	2.63 m		
	迴轉半徑	5.43m		
停 車 格	長	5.24 m	5.24 m	5.24 m
	寬	2.35 m	2.35 m	2.05 m
	共用空間寬			0.78 m
車道寬最小值		$w_1=5.92-3 \sin(\theta_2+34^\circ)$	$w_2=4.24 \text{ m}$	$w_3=3.00 \text{ m}$

p.s. : 1. 若可斜擺則 $0^\circ \leq \theta \leq 65.8^\circ$

2. 上表資料長度取到公分，角度取到小數第一位。

3. 車道寬最小值計算，是以方向盤打到底，利用迴轉半徑求得。

二、上表數據的給定，顯然可再作調整，所求的數據也會因而變動。因此，我們利用研究過程的一些計算式寫出程式設計時，所用的資料皆以變數表示。當給定資料改變，則所得車位規劃圖也會隨之改變。

三、一般情況，停車場內部以橫擺為主體是不佳的。

四、由於我們車道寬最小值之求得，實際上可做修正。因此，當 m, n 過大時，我們由程式設計得到的停車場規劃圖可作適當調整，讓四周圍可增加一排，以達停車格更多的實際問題。

柒、參考資料

一、國民中學數學課本第四冊

二、阿克曼原理介紹：

1.國民中學數學第四冊教師手冊

2.彰化師範大學工業教育系 黃競雄教授

<http://www.ie.ncue.edu.tw>

三、車輛規格來源網站：

1.Nissan 汽車

<http://www.nissan.com.tw>

2.Honda 本田汽車

<http://www.honda-motor.com.tw/mainpage.asp>

3.Ford 福特汽車

<http://www.ford.com.tw>

4.RENAULT 雷諾汽車

<http://www.tw-renault.com.tw>

5.BMW 汽車

<http://www.bmw.com.tw>

6.Audi 奧迪汽車

<http://www.audi.com.tw>

7.Alfa Romeo 愛快羅密歐

http://www.alfaromeo.com.tw/alfa/alfa_index.html

8.CITROËN

<http://www.citroen.com.tw>

9.Chrysler 克萊斯勒汽車

<http://taiwan.chrysler.com/mandarin>