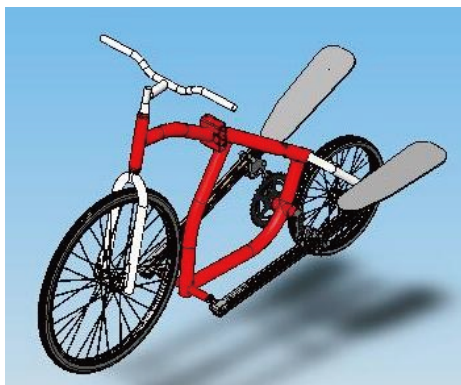


圖三、腳踏車動力結構改良立體示意圖[3]

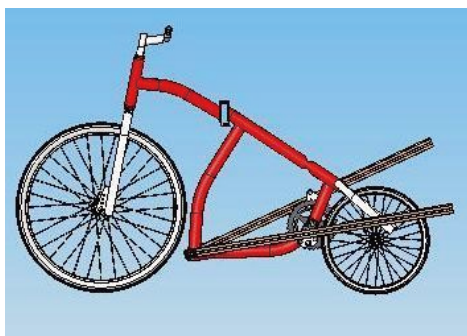
近年來腳踏車文化盛行，為了設計出一輛可融合腳踏車與健身車的新型踏步車，便利用一組四連桿曲柄滑塊機構來作為新型踏步車的傳動結構，先將此新型結構由3D電腦繪圖設計出之結果等角視圖及側視圖如圖四及圖五所示。由於設計時未考慮到結構強度的問題，所以在實際焊接時為了加強腳踏板支點的支撐，多焊了一條支撐管以加強其車架強度，同時為了可以方便出遊時放置於車廂後座，因此在車身中間加了一個可折疊之裝置，製造成品如圖六所示。為了分析此車之運動便進行如下一段之機構分析。



圖四、踏步車之等角設計圖

## 二、運動方程式推導

本研究事先將設計好的腳踏車簡化，則可以腳踏車的側視圖來簡化，可簡化成三個連桿與一個滑塊。

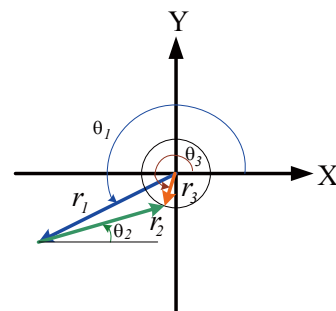


圖五、踏步車之側視圖



圖六、踏步車之實車完成圖

以設計圖來看  $r_1$  是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的原心的距離，由  $r_1$  的固定點並且到滑塊的距離為  $r_2$ ，此時假設可知  $r_2$  的距離是可變化的，大齒輪的半徑為  $r_3$ ，大齒輪的圓心做為  $x$  軸與  $y$  軸的原點  $O$ ，此時便可以簡化成圖七，圖上的角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  與  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  用位置分析的方法便可以列出下列之向量迴路方程式：



圖七、向量迴路示意圖

$$\vec{r}_1 + \vec{r}_2 - \vec{r}_3 = 0 \quad (1)$$

將以上的方程式之  $x$  及  $y$  方向之分量分別列出便可以得到下列之方程式：

$$r_1 \times \sin\theta_1 + r_2 \times \sin\theta_2 = r_3 \times \sin\theta_3 \quad (2)$$

$$r_1 \times \cos\theta_1 + r_2 \times \cos\theta_2 = r_3 \times \cos\theta_3 \quad (3)$$

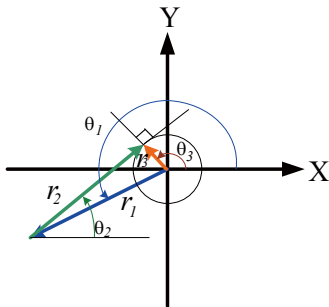
$r_1$  是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的原心的距離，因此  $r_1$  及  $\theta_1$  為一已知值， $r_2$  為由  $r_1$  的固定點到滑塊的距離， $r_2$  的大小及其角度  $r_2$  是可變化的， $r_3$  為大齒輪的半徑，因此  $r_3$  的大小是固定的，但  $r_3$  的角度  $\theta_3$  是可變化的，整理可以知  $\theta_1$ 、 $r_1$ 、 $r_3$  是固定的， $\theta_2$ 、 $\theta_3$  與  $r_2$  是待定的，根據本車之運動方式是由腳踏板的角速度  $\theta_2$  之變化來驅動  $r_3$  的旋轉運動以達到車體前進的目的，所以由  $\theta_2$  之變化來求出  $\theta_3$  和  $r_2$  的關係。

經由第(2)及第(3)式之運算便可以很簡捷地求出在運動的過程中各輸入及輸出桿件間的大小及角度間的關係，也藉此可以對此機構作更深更進一步的了解。

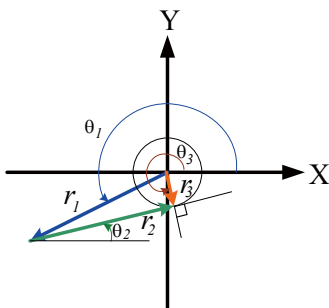
### 三、運動分析結果

將實車之尺寸量測出各桿件的大小， $r_1$ 是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的原心的距離， $r_1$ 之尺寸量測為52cm， $\Theta_1$ 之角度量測為207°， $r_3$ 為大齒輪的半徑， $r_3$ 之尺寸量測為11cm，根據本車之運動方式是由腳踏板的角度 $\Theta_2$ 之變化來驅動，圖八及圖九分別為腳踏板的主要施力行程中起始及結束的角度 $\Theta_2$ 之位置，因此二時正好 $r_2$ 及 $r_3$ 為垂直之狀態，也正由此特點可以分別計算出 $\Theta_2$ 之起始及結束的角度，計算之結果 $\Theta_2$ 之起始角度為39.21°， $\Theta_2$ 之結束的角度為14.79°。此即為運動位置分析之主要依據，將各數值記錄於表一。

從 $\Theta_2$ 之起始角度為39.21°到 $\Theta_2$ 之結束的角度為14.79°，每間隔0.5°計算出 $r_2$ 及 $\Theta_3$ 之數值，經由運算便可以很簡捷地求出在運動的過程中各輸入及輸出桿件間的大小及角度間的關係，並將其變化分別顯示於圖十及圖十一中。



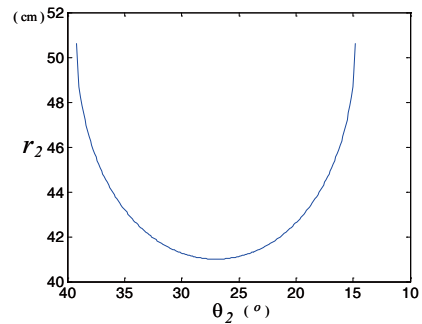
圖八、主要施力行程起點位置示意圖



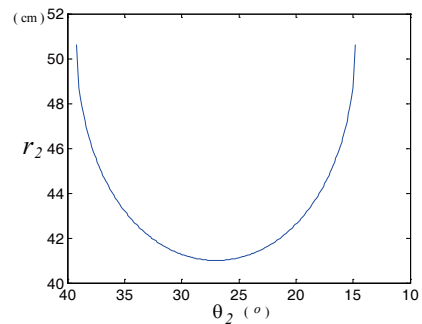
圖九、主要施力行程施力終點位置示意圖

表一、各主要固定桿件長度及角度

$r_1$ (支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的原心的距離)	52cm
$\Theta_1$ (大齒輪的原心到支撐兩個腳踏板的固定點的角度)	207°
$r_3$ (大齒輪的半徑)	11cm
腳踏板的角度 $\Theta_2$ 之起始角度	39.21°
腳踏板的角度 $\Theta_2$ 之結束角度	14.79°

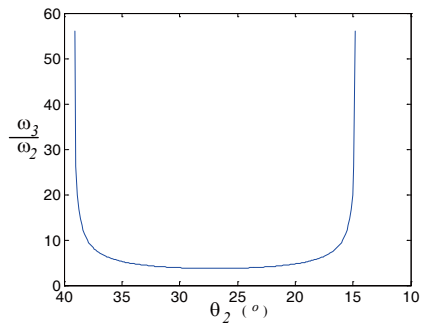


圖十、輸入 $\Theta_2$ 與 $\Theta_3$ 的關係圖

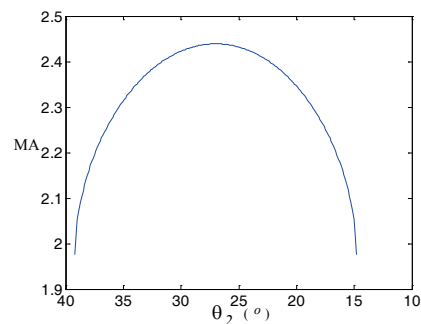


圖十一、輸入 $\Theta_2$ 與 $r_2$ 的關係圖

由圖十中可以看出隨著腳踏板的角度 $\Theta_2$ 之變化，大齒輪的半徑 $r_3$ 的角度 $\Theta_3$ 變化並沒有按一定的速率來變化，因此當腳踏板的角度 $\Theta_2$ 之變化為等角速度 $\omega_2$ 時，可計算出大齒輪的半徑 $r_3$ 的角速度 $\omega_3$ 變化，將其前進過程中， $\omega_3/\omega_2$ 之變化之值繪圖於圖十二中。由此圖可以看出在單腳踩踏的行程中，剛開始及快結束之兩段時間中，車子前進的速率相較其他時間特別快，在中間段之速度變化較為平穩。根據腳踏位置大約到支撐兩個腳踏板的固定點的距離為100cm，若將此定為施力點而抗力點位置 $r_2$ ，由此二位置之比值可以計算出機械利益之值，將其前進過程中機械利益之值之變化繪圖於圖15中。由此圖可以看出在單腳踩踏的行程中，剛開始及快結束之兩段時間中機械利益相較其他時間為小，在中間段之機械利益之值較大。



圖十二、輸入 $\theta_2$ 與 $\omega_3/\omega_2$ 之變化關係圖



圖十三、輸入 $\theta_2$ 與 $MA$ 之變化關係圖

#### 四、結論

由融合腳踏車與健身車的新型踏步車，可利用一組四連桿曲柄滑塊機構來作為新型踏步車的傳動結構，由運動分析可以看出在踩踏的行程中，剛開始及快結束之兩段時間中，車子前進的速率相較其他時間特別快，但機械利益卻較小，因此需要再作更深入的設計分析才可以設計出更佳的结构，由此設計結果之分析可見此機構已提高了機械利益，也讓騎乘的過程中多了許多趣味性。

#### 五、參考文獻

1. 顏鴻森、吳隆庸，機構學，頁數34~41頁，ISBN 978-957-483-394-8,東華書局，台北、台灣，1997。
2. 董繼萍，踏步運動腳踏車，中華民國專利公報 第M268270，2005。
3. 邱慶璋，腳踏車動力結構改良，中華民國專利公報 專利編號532362,2003。