

摘要

● 作品名稱：氣象探空儀自動返航回收系統之研究

本研究為發展一套完整的自動返航系統，主要分成兩個部分，一為機體架構，二為飛行模式。希望能將本研究應用於氣象探空儀器的回收，將探空儀器運送至指定的地點。

本研究主要載具架構是使用定翼機質量較輕且可以滑翔的優點，而經不斷研究與改良，由初代依靠兩邊轉速飛行的珍珠板飛機，發展到第四代擁有高轉速馬達與靈活的副翼、升降舵控制之強化飛機，再加上 GPS 定位系統，能在負重45公克的情形下，可以即時追蹤到飛機的行蹤；最後為了增加操作彈性達到最佳化，我們研究出使用 Visual Studio C#重新改良編譯的 Mission Planner 飛行程式，增加參數調整的彈性，讓飛機達到自體修正的效果，並在指定的航線下成功返航，提高系統回收率，節省金錢與時間。

專題內容

一、前言

在參觀板橋氣象站的簡報中，氣象探空儀每天在板橋跟花蓮氣象站早晚各升空兩次，探測儀器都被定位為一次性使用耗材，每年編列經費採購。每年至少釋放1460顆氣象探空儀(365*2*2)。

根據政府採購網得標資料顯示，平均一顆探空儀的成本估計約為 6,275 元，還有氦氣的填充約 6,750 元，總計下來，一顆探空氣球的成本為 13,655 元，所以每一天就會有 54,620 元飛走並落入海中，一年下來，這些探空氣球的成本將近 2000 萬。此外，若因落下造成人員受傷或財物損失等意外，需另外賠償。

所以我們想要製作一種自動返航系統，在探空氣球於高空30里處爆炸後能夠在特定高度啟動，希望能在節省電力耗損的情況下自動校正飛行，將探空儀帶回原發射點，比起之前由人力透過落點的 GPS 定位去尋找而言，我們的研究除了減少人力浪費，還能增加探空儀的回收機率，更能保護一般民眾生命及財物安全。

為了達成上述目的，我們對於以下三個問題進行探討：

- (一)、研究系統架構、如何讓系統飛行狀況達到最佳化。
- (二)、研究透過 GPS 定位，開源飛控系統等，讓本裝置能飛行到指定地點。
- (三)、探討本自動返航系統可行之應用模式。

二、研究方法(過程)

本研究為發展一套完整的自動返航系統，我們主要分成兩個部分，第一為機體架構研究，第二為系統端研究。如下圖

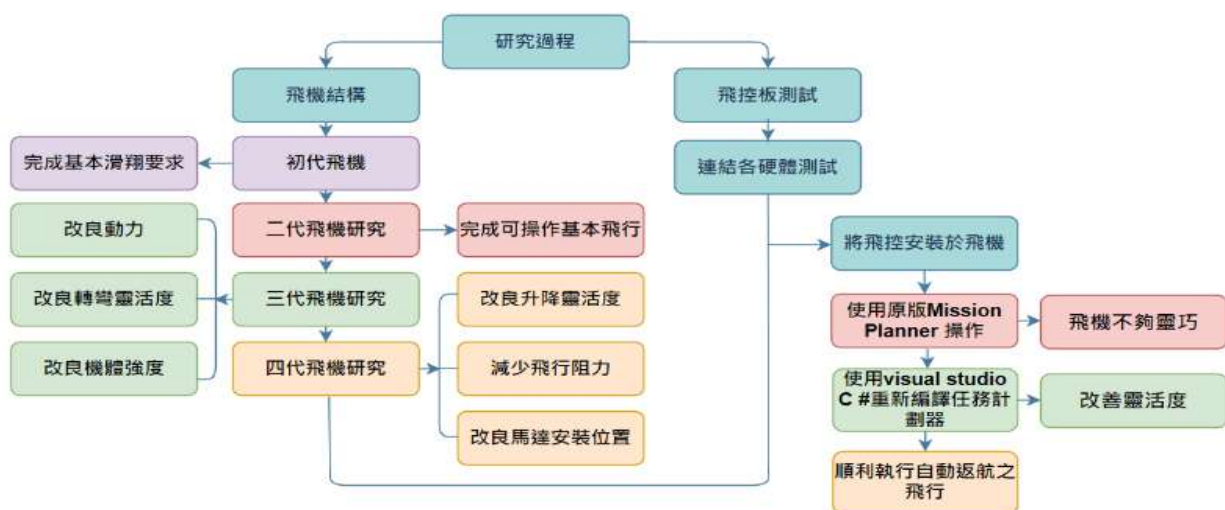


圖1、研究流程圖

資電領域特優

(一)、飛行器飛行研究

我們在做第一階段的飛機改造時，在裝置馬達的部分中，我們不斷的進行嘗試，並測試馬達與機身的距離為多少時，可以讓飛機靈活且有效率的飛行。

為了在實際飛行測試馬達時能夠去除其他因素引響，我們再藉由手動對頻的方式由手柄搖桿控制該飛機，使飛機飛行時更加穩定。測試後得出下表：

表 1、馬達與機身距離比較圖

馬達與機身距離	轉速	飛行狀況
2cm	47000RPM	極差
4cm	47000RPM	差
6cm	47000RPM	普通
8cm	47000RPM	良好

我們發現當馬達與機身距離為 8cm 時，在飛行時的狀態較佳。且透過上表可以得知，每當距離增加時，飛行的效果似乎都會比前一個還要更靈活。

經飛行測試後發現馬達轉速動力不足，使得飛機飛行高度到達一定的高度後無法持續爬升，所以我們將原有刷馬達替換為無刷馬達如圖 2，增加其馬達轉速。

馬達安裝完成後，經飛行測試發現，若使無刷馬達固定之角度與機身平行，將導致飛機起飛時飛機機頭將會直接往地面方向暴衝，於是我們將無刷馬達以仰角約 3 度的方式改善起飛暴衝問題。如圖 3



圖 2、無刷馬達示意圖

以仰角約 3 度改善起飛暴衝問題



圖3、無刷馬達固定改善圖

經轉向研究發現轉彎的部分利用機翼兩旁的馬達轉速差在轉彎時其旋轉半徑過大，經常導致撞擊障礙物，於是在改良飛機的設計中，將由轉速差控制轉彎的部分改良為由副翼的擺幅來控制轉彎，如圖 4。

剛開始飛機升降只能依靠馬達轉速，但後來發現只使用馬達轉速來控制升降將導致升降靈活度不足，因此我們改為於飛機尾翼部分加裝升降舵如圖 5，利用升降舵來控制飛機升降。

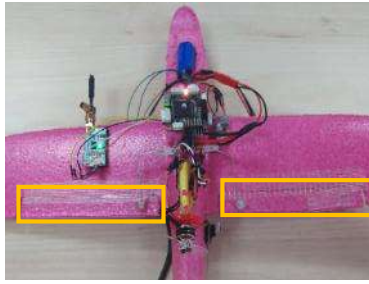


圖 4、副翼設置圖

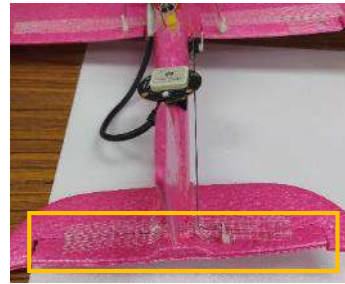


圖5、加裝升降舵示意圖

(二)、機身配置如下圖

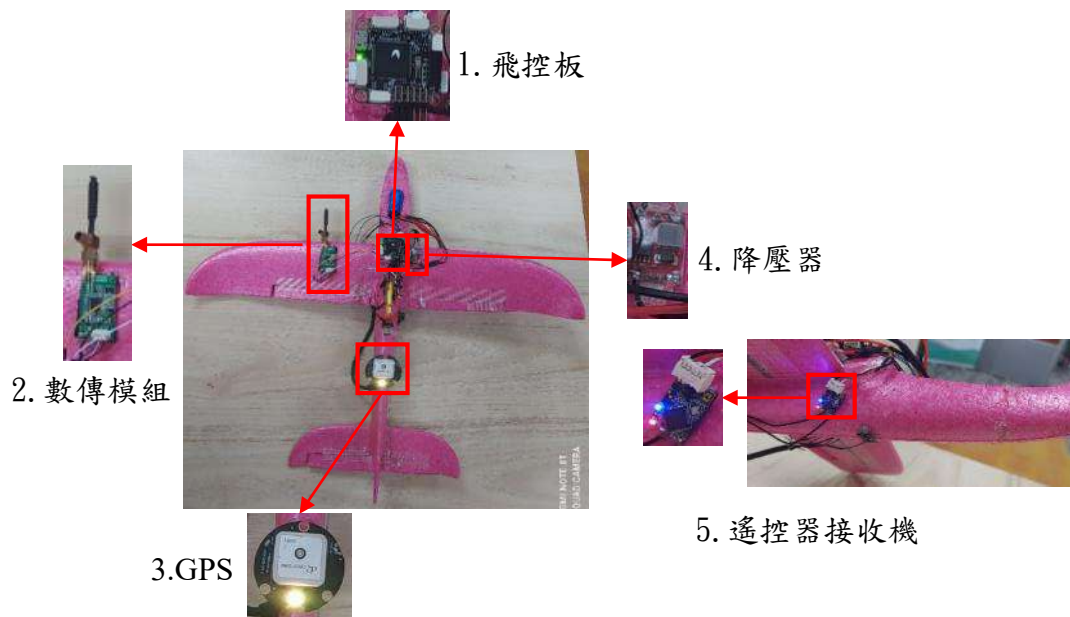


圖 6、返航系統機體配置圖

1. 飛控板: 飛機之控制中樞，當飛機採取自動返航模式時，則會自主控制其副翼、升降舵之伺服輸出，以及馬達動力輸出。
2. 數傳模組: 電腦端與飛機間溝通之橋梁，當飛機傳遞其所收集到的飛行數據或電腦端通知飛機其返航之航線給彼此時，就須通過此模組如圖 7。

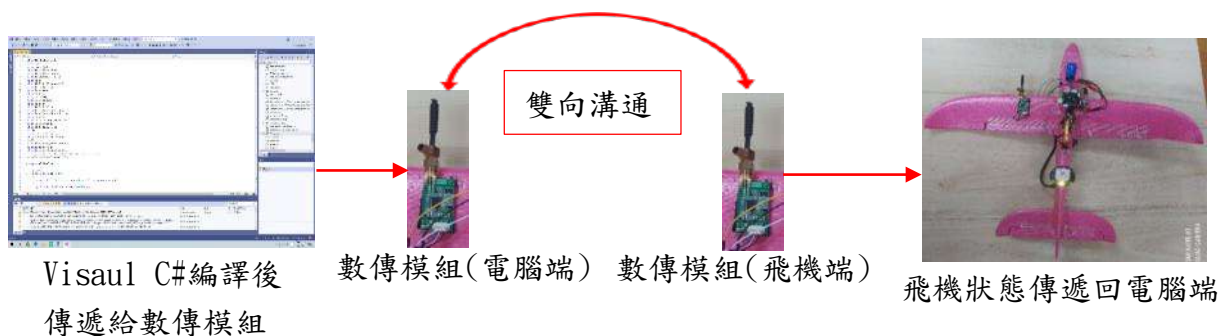


圖 7、飛機與電腦端資訊傳遞途徑

3. GPS: 與數傳模組搭配互助，負責探測其目前位置，告知電腦端。若在自動返航模式下，若飛機偏離指定航線，則可以透過其定位功能，自動校正回正確的航線上。
4. 降壓器: 因為我們使用的電池為 7.4V，若直接輸出電力提供給飛控板作為使用，會使飛控板故障。因此我們搭配降壓器，從 7.4V 降壓為 5V，供給飛控板使用。

5. 遙控器接收機:在自動返航模式下航行時，若有需要將從自動模式切換為手動模式，則可以通過其接收機，進而從飛控板的控制轉換為遙控器控制其飛行狀態。其接收機的訊號為較新的數位訊號，而通訊協定則是 SBUS，其只需透過一條線(S+-)就可以控制很多個通道，但使用這種輸出，則需有飛控來接收，無法直接控制電變或伺服機。

(三)、系統端改良

由於原版 Mission Planner 其參數輸出考慮到飛行器的安全疑慮，限制其數值的輸出如圖 8，因此在調整飛行時的油門推進、PID 飛行微調如圖 9、servo 的轉向時就會產生一些問題，例如無法縮小迴轉半徑、飛行狀態不夠靈巧。針對此問題，我們使用 Visual Studio C#來重新修改編譯 Mission Planner 的 source code，更改其部分原始碼，達到我們最佳化的飛行需求。

```
if ((float)changes[value] > (float)MainV2.comPort.MAV.param[value] * 2.0f)
{
    CustomMessageBox.Show(value + " has more than doubled the last input. Are you sure?",
        "Large Value", MessageBoxButtons.YesNo) == (int)DialogResult.No)
```

當輸入值超過當前值的兩倍，則視為無效

圖 8、限制參數輸出

根據我們多次實驗的錄影比較，發現經過移除參數輸出之限制並更改單位參數的輸出後如圖 10，飛機的馬達輸出、轉彎皆可以做到與尚未更改程式碼前更加極限、靈活的飛行，如圖 11、12。

```
YAW2SRV_IMAX.setup(0, 0, 100, 0, "YAW2SRV_IMAX", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_DAMP.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_DAMP", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_INT.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_INT", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_RLL.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_RLL", MainV2.comPort.MAV.param);
```

伺服系統偏擺設定

圖 9、伺服系統偏擺調整

```
YAW2SRV_IMAX.setup(0, 0, 100, 0, "YAW2SRV_IMAX", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_DAMP.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_DAMP", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_INT.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_INT", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_RLL.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_RLL", MainV2.comPort.MAV.param);
```

更改其單位變化之數值

圖 10、更改後之伺服系統偏擺

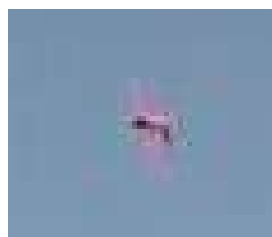
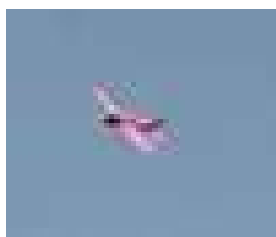


圖 11、更改前之轉彎動作 圖 12、更改後之轉彎動作

三、研究結果

我們可以利用 Mission Planner 本身內建的模擬器，選擇我們的飛行載具如圖 10，並透過該地面監控端觀察其目前飛機的飛行狀態，如圖 11。



圖10、選擇飛行載具



圖11、地面監控端操控

在重新編譯完各項轉彎、油門動力、伺服機 PID 等飛行設定後，接著測試更改後之飛機飛行狀態是否有更加穩定，在開啟自動模式的情形下，對於該設定之航線有無偏離之情況發生。於是我們到河濱公園的草地上進行測試，由圖片中橋的最高處開始降落（如圖12），並啟動自動返航模式，透過錄影觀察並比較其飛行時的狀態。



圖12、橋之最高處開始降落

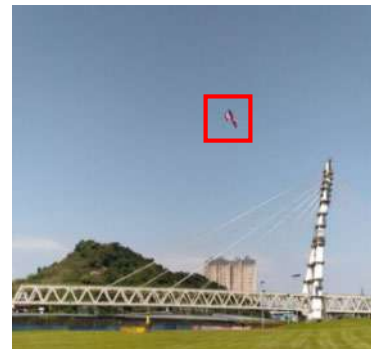


圖13、指定航線下轉彎



圖14、轉彎後仍可以穩定飛行



圖15、成功降落於指定地點

資電領域特優

從飛行測試結果可以得知，當飛機從一定的高度開始降落，開啟自動返航模式飛行時，若遇上大幅度的轉彎如圖 13，仍然可以完美的執行，而在轉彎之後依然可以遵循指定的返航路線穩定飛行如圖 14，並安全飛回指定地點如圖 15，可成功回收。

四、結論

(一)、飛行器主體演變流程如下圖

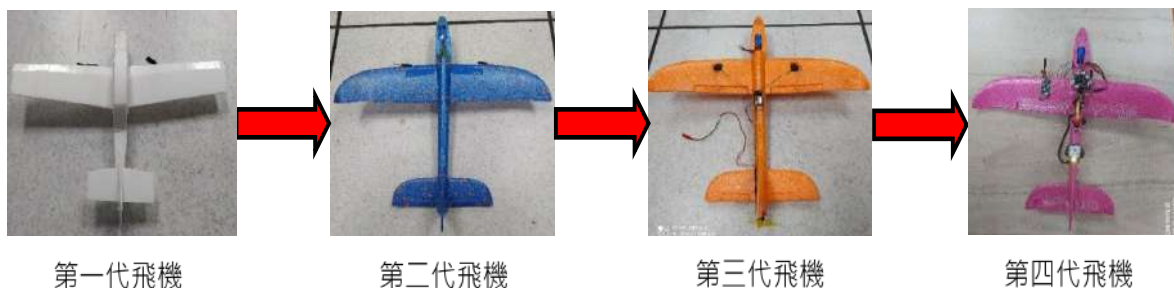


圖 16、飛機演變流程圖

各代飛機之優缺點如下表所示：

表 2、各代飛機優缺點

初代飛機	優：具基本滑翔能力
	缺：不具飛行能力
第二代飛機	優：具基本飛行能力
	缺：缺乏飛行穩定性
第三代飛機	優：具有飛行穩定性
	缺：升降能力不足
第四代飛機	優：提升整體飛行能力
	缺：重量配置問題

(二)、本系統之功能與優點：

1. 本自動返航系統可重複回收利用，每年替政府省下多達 2000 萬元的金額。
2. 不需耗過多電能即可滑翔回原處的優點，達到節能的效果。
3. 設定回收定點，避免民眾受傷或財物損失。
4. 飛行模式優化：經不斷研究，透過 Visual Studio C#自行撰寫程式，最終使其飛行模式更加完善。

(三)、本系統之未來展望：

1. 技術轉移，運送相關醫療器具及救災物資到指定的偏鄉地區亦或是災害地區。
2. 未來可搭載風速計、溫溼度感測器、PM2.5 感測器等相關儀器，將其在該探測地區之數值藉由數傳模組回傳至本地端，可提前為民眾做進一步的災害預防。
3. 將探測數值藉由數傳模組回傳，未來可做移動式觀測站，降低硬體投資。



一、前言

在參觀板橋氣象站的簡報中，氣象探空儀每天在板橋跟花蓮氣象站早晚各升空兩次，探測儀器都被定位為一次性使用耗材，每年編列經費採購。每年至少釋放1460顆氣象探空儀(365*2*2)。

所以我們想要製作一種自動返航系統，在探空氣球於高空30里處爆炸後能夠在特定高度啟動，希望能在節省電力耗損的情況下自動校正飛行，將探空儀帶回原發射點，比起之前由人力透過落點的GPS定位去尋找而言，我們的研究除了減少人力浪費，還能增加探空儀的回收機率，更能保護一般民眾生命及財物安全。

為達成上述目的，對於以下三個問題進行探討：

(一)、研究系統架構、如何讓系統飛行狀況達到最佳化

(二)、研究透過GPS定位，開源飛控系統等，讓本裝置能飛行到指定地點。

(三)、探討本自動返航系統可行之應用模式。

二、研究方法(過程)

本研究為發展一套完整的自動返航系統，我們主要分成兩個部分，第一為機體架構研究，第二為系統端研究。如下圖



圖1、研究流程圖

(一)、飛行器飛行研究

在裝置馬達的部分中，我們不斷的進行嘗試，並測試馬達與機身的距離為多少時，可以讓飛機靈活且有效率的飛行。測試後得出下表：

表1、馬達與機身距離之飛行狀況比較表

馬達與機身距離	轉速	飛行狀況
2cm	47000RPM	極差
4cm	47000RPM	差
6cm	47000RPM	普通
8cm	47000RPM	良好

我們發現當馬達與機身距離為8cm時，在飛行時的狀態較佳。且透過上表可以得知，每當距離增加時，飛行的效果似乎都會比前一個還要更靈活。

經飛行測試後發現馬達轉速動力不足，使得飛機飛行高度到達一定的高度後無法持續爬升，所以我們將原有有刷馬達替換為無刷馬達如圖2，增加其馬達轉速。馬達安裝完成後，經飛行測試發現，將無刷馬達固定完成若無刷馬達若固定的角度與機身平行將導致飛機起飛時飛機機頭直接往地面方向並且在地面上暴衝，因此我們改將無刷馬達以仰角約3度的方式改善起飛暴衝問題，如圖3。



圖2、無刷馬達示意圖



圖3、無刷馬達固定改善圖

經轉向研究發現轉彎的部分利用機翼兩旁的馬達轉速差在轉彎時其旋轉半徑過大，經常導致撞擊障礙物，於是在改良飛機的設計中，將由轉速差控制轉彎的部分改良為由副翼的擺幅來控制轉彎，如圖4。

我們後來發現只使用馬達轉速來控制升降將導致升降靈活度不足，因此我們改為於飛機尾翼部分加裝升降舵如圖5，利用升降舵來控制飛機升降。



圖4、副翼設置圖



圖5、加裝升降舵示意圖

(二)、機身配置如下圖

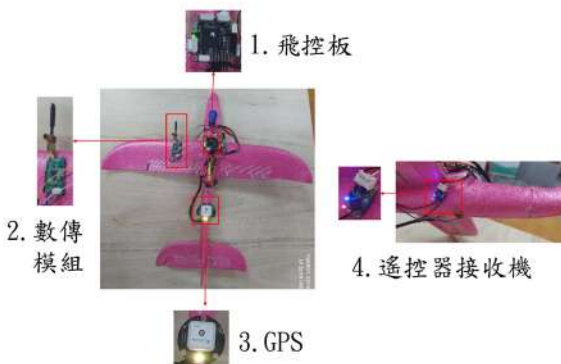


圖6、返航系統機體配置圖



1. 飛控板:

飛機之控制中樞，當飛機採取自動返航模式時，則會自主控制其副翼、升降舵之伺服輸出，以及馬達動力輸出。

2. 數傳模組:

電腦端與飛機間溝通之橋樑，當飛機傳遞其所收集到的飛行數據或電腦端通知飛機其返航之航線給彼此時，就須通過此模組，如圖7。



3. GPS:

與數傳模組搭配互助，負責探測其目前位置，告知電腦端。若在自動返航模式下，若飛機偏離指定航線，則可以透過其定位功能，自動校正回正確的航線上。

4. 遙控器接收機:

在自動返航模式下航行時，若有需要將從自動模式切換為手動模式，則可以通過其接收機，進而從飛控板的控制轉換為遙控器控制其飛行狀態。

(三)、系統端改良

由於原版Mission Planner其參數輸出考慮到飛行器的安全疑慮，限制其數值的輸出如圖8，因此就會產生一些問題，例如無法縮小迴轉半徑、飛行狀態不夠靈巧。針對此問題，我們使用Visual Studio C#來重新修改編譯Mission Planner的source code，更改其部分原始碼，達到我們最佳化的飛行需求。

```
if ((float)changes[value] > (float)Max72.comPort.MAP.param[value] * 2.0f)
{
    CustomMessageBox.Show(value + " has more than doubled the last input. Are you sure?",
        "Large Value", MessageBoxButtons.YesNo) = (int)DialogResult.No;
}
```

輸入值超過當前值的兩倍，視為無效

圖8、限制參數輸出

根據我們多次實驗的錄影比較，發現經過移除參數輸出之限制並更改單位參數的輸出後，飛機的馬達輸出、轉彎皆可以做到與尚未更改程式碼前更加極限、靈活的飛行，如圖9、10。



圖9、更改前之轉彎動作



圖10、更改後之轉彎動作

三、研究結果

在改善完各項轉彎、油門動力、伺服機PID等飛行設定後，接著測試更改後之飛機飛行狀態是否有更加穩定，且在開啟自動模式的情形下，對於該設定之航線有無偏離之情況發生。



圖11、橋之最高處開始降落



圖12、指定航線下轉彎



圖13、轉彎後仍可以穩定飛行



圖14、成功降落於指定地點

從飛行測試結果可以得知，當飛機從一定的高度開始降落時如圖11，開啟自動返航模式飛行時，若遇上大幅度的轉彎如圖12，仍然可以完美的執行，而在轉彎之後依然可以遵循指定的返航路線穩定飛行如圖13，並安全飛回指定地點如圖14，成功回收之。

四、結論

(一)、飛行器主體演變流程如下圖



圖15、飛機演變流程圖

各代飛機之優缺點如下表所示:

初代飛機	優: 具基本滑翔能力 缺: 不具飛行能力
第二代飛機	優: 具基本飛行能力 缺: 缺乏飛行穩定性
第三代飛機	優: 具有飛行穩定性 缺: 升降能力不足
第四代飛機	優: 提升整體飛行能力 缺: 重量配置問題

(二)、本系統之功能與優點:

1. 本自動返航系統可重複回收利用，每年替政府省下多達**2000萬元**的金額。
2. 不需耗過多電能即可滑翔回原處的優點，達到**節能**的效果。
3. 設定回收定點，**避免民眾受傷**或財物損失。
4. **飛行模式優化**: 經不斷研究，透過Visual Studio C#自行撰寫程式，最終使其飛行模式更加完善。

(三)、本系統之未來展望:

1. **技術轉移**，運送相關醫療器具及救災物資到指定的偏鄉地區亦或是災害地區。
2. 未來可搭載風速計、溫溼度感測器、PM2.5感測器等相關儀器，將其在該探測地區之數值藉由數傳模組回，傳至本地端，可提前為民眾做進一步的**災害預防**。
3. 將探測數值藉由數傳模組回傳，未來可做**移動式觀測站**，降低硬體投資。