

# 【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 高中 ( 職 ) 組 成果報告表單

題目名稱：氣象探空儀自動返航回收系統之研究

### 一、摘要：

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。我們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。

### 二、探究題目與動機

在閱讀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，探空氣球在海拔高度 30 公里處左右因高空氣壓下降造成膨脹爆炸，其探空儀也隨即掉落於陸上或太平洋海域中。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)。一年下來，這些探空氣球的成本將不低於 19,936,300 元 (颱風天必須視情況增加探測)，將近 2000 萬。此外如果落下造成人員受傷或財物損失等意外，將又使國家增加一筆支出。

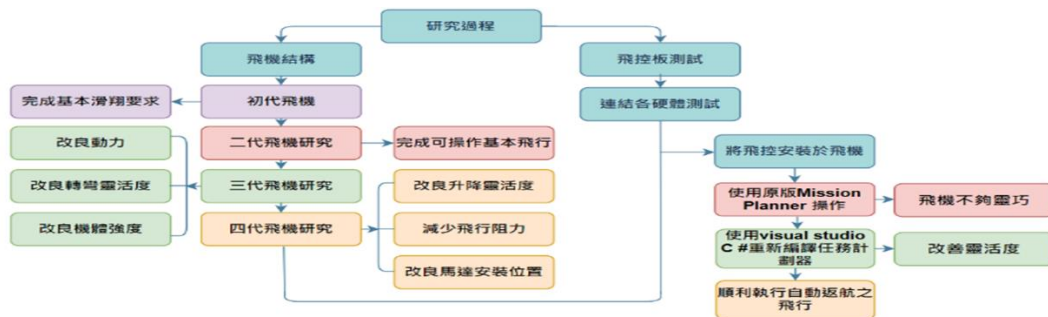
所以我們想要製作一種自動返航系統，在探空氣球於高空 30 里處爆炸後能夠在特定高度啟動，希望能在節省電力耗損的情況下自動校正飛行，將探空儀帶回原發射點，比起之前由人力透過落點的 GPS 定位去尋找而言，我們的研究除了減少人力浪費，還能增加探空儀的回收機率，更能保護一般民眾生命及財物安全。

### 三、探究目的與假設

- (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。

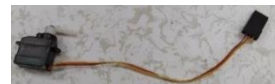
### 四、探究方法與驗證步驟

(一)、研究架構圖:



(二)、研究設備與器材：

- 1.飛控板(Pixracer)
- 2.GPS
- 3.數傳模組(433Hz)
- 4.電子變速器
- 5.無刷馬達(規格:1104)
- 6.伺服馬達



(三)、研究方法：

1. 我們自行使用 Creo Parametric 7.0 3D 設計繪製出初代飛機，其外型根據西斯納出產的飛機所設計，並組裝成功，使之達到基本的滑翔能力，如圖 1。
2. 將飛行設備裝置於飛機上，使用手動遙控測試其飛行狀態。
3. 強化其機身與手動遙控飛行之穩定度，如圖 2。
4. 再配置自動返航裝備於飛機上，並測試其自動返航之狀態。
5. 使用 Mission Planner 監控飛機啟用自動返航模式之狀態狀態，並傳遞訊息，如圖 3。

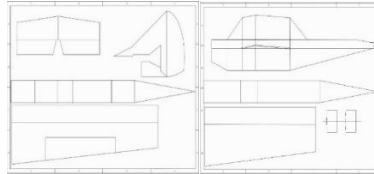


圖 1、初代飛機設計圖



圖 2、副翼角度改善為 45 度(左)、安裝伺服馬達於機翼中央處(中)、安裝碳纖維棒加強機身韌性(右)



圖 3、地面監控狀態圖

(四)、實驗驗證：

1. 第一代初始馬達安裝最佳化

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。得出下表：

表 1、馬達距離與飛行狀態比較表

馬達與機身距離	轉速	飛行狀況
2cm	47000RPM	極差
3cm	47000RPM	極差
4cm	47000RPM	差
5cm	47000RPM	差
6cm	47000RPM	普通
7cm	47000RPM	普通
8cm	47000RPM	良好

因連接馬達的線材長度有限，所以我們發現馬達與機身距離為 8cm 時，飛行時的狀態較佳。透過上表可以得知，當距離增加時，飛行的效果比前一個還要好，當馬達與機身距離較近時，其在轉彎時的狀態較不理想；相反地，當馬達與機身距離較遠時，則轉彎較為靈活。

## 2. 測試飛行器主體飛行問題及改善

而到了第二部分的硬體改造，我們發現若將動力較強的無刷馬達安裝於飛機尾端將會導致馬達轉速達到一定程度時飛機尾端扭曲變形，使得飛機飛行過程無法按照於定路線穩定飛行，因此我們剛開始將飛機切成三分，於中心挖孔將碳纖維棒置入如圖 4，避免飛行時因為尾部扭曲導致飛行不理想。



圖4、將飛機機身置入碳纖維棒示意圖

再次飛行時我們發現，又因為將機身切成三分的原因導致機身整體韌性下降，因此我們則將無刷馬達的位置轉移至機身中央。接著我們在機身中央處加上處理失敗的機身之尾翼部分，將無刷馬達墊高如圖 5 並固定，避免動力開啟時馬達螺旋槳傷及機身，導無法順利飛行。



圖5、無刷馬達墊高示意圖

## 3. 馬達安裝後問題發現及改良

將無刷馬達固定完成後發現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下並且在地面上暴衝，因此我們改將無刷馬達以仰角約 3 度的方式如圖 6 改善起飛暴衝問題。



圖 6、無刷馬達固定示意圖

## 4. 升降靈活度改善

剛開始製作飛機時，飛機升降只能依靠馬達轉速，但後來發現指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 7，利用升降舵來控制飛機升降。



圖 7、加裝升降舵示意圖

## 5. 飛行順暢度改善之方式

剛開始我們使用加載三片葉片的大尺寸無刷馬達螺旋槳如圖 8，發現飛機飛行時會有動力過剩飛機行走路線不穩定的問題，後來為了改善動力過剩飛行不穩的問題，我們將無刷馬達葉片改為兩葉小尺寸的螺旋槳，如圖 9。



圖 8、更改前之螺旋槳



圖 9、更改後之螺旋槳



6. 使用 Mission Planner 控制飛行器

我們將目前將已改裝完成的飛機從手動遙控轉換為自動控制，並透過原版的 Mission Planner 來實際操作，確定其所有功能都可以運行後，透過 Mission Planner 的 Google 地圖進行路線的設定規劃，且控制其飛行高度與途徑，盡量避免波及到一般民眾及建築物，並在最短的時間內回收至該定點，如圖 10。



圖 10、飛行路線設置示意圖

(五)、結果分析：

1. 第四代飛機之說明如表 3、圖 11、12、13:

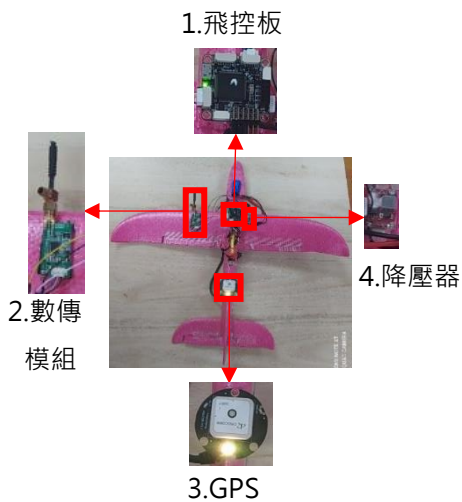


圖 11、第四代飛機正面剖析圖

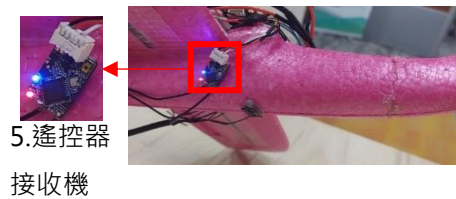


圖 12、第四代飛機背面剖析圖

表 2、自動返航裝置功能之說明

1. 飛控板	自主控制參數輸出
2. 數傳模組	電腦端與飛機雙向溝通，如傳遞高度、GPS 訊號、飛行路線等
3. GPS	探測當前位置供給飛控板使用
4. 降壓器	供給飛控板使用
5. 遙控器接收機	轉換操控模式

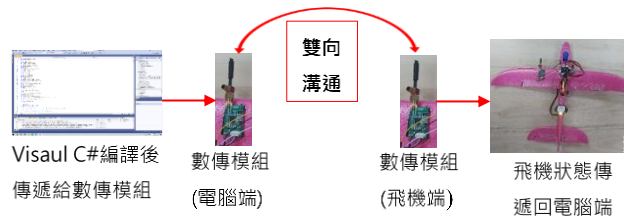


圖 13、數傳模組於本系統之功能圖

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 14，因此會產生一些問題。針對此問題，我們使用 Visual Studio C#來重新修改編譯 Mission Planner 的 source code，更改其部分原始碼如圖 15，達到我們最佳化的飛行需求。

```
if ((float)changes[value] > (float)MainV2.ComPort.MAV.param[value] * 2.0f)
    if (
        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 14、限制參數輸出

```

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);

```

伺服系統擺幅設定

圖 15、伺服系統偏擺之調整

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 16，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 17、18。

```

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 16、更改後之伺服系統偏擺調



圖 17、更改前  
之轉彎動作



圖 18、更改後  
之轉彎動作

## 2. 飛機試飛

在改善完各項轉彎、油門動力、伺服機 PID 等飛行設定後，接著我們就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。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 19，並啟動自動返航模式，觀察其飛行時的狀態。



圖 19、於橋之最高處開始降落



圖 20、於指定航線下轉彎



圖 21、轉彎後仍然可以穩定飛行

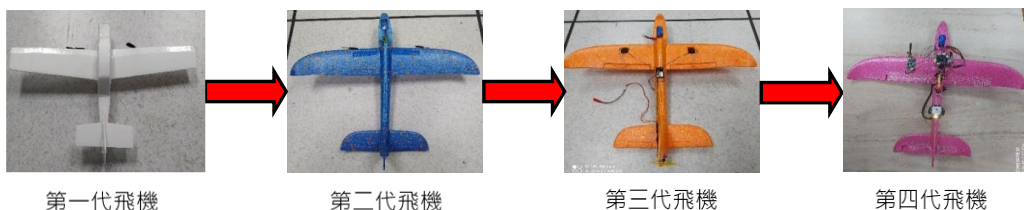


圖 22、到達指定地點並成功降落

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，開啟自動返航模式，確定可以在指定的返航路線下，實行飛行的作業。在飛行的過程中，若遇上急轉彎時如圖 20，仍然可以完美的執行，而在轉彎之後依然可以進行穩定的直線航行如圖 21，安全的飛回該指定地點如圖 22。

## 五、結論與生活應用

### (一)、飛行器主體演變流程



第一代飛機

第二代飛機

第三代飛機

第四代飛機

各代飛機之優缺點如下表所示:

表 3、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。

本系統之生活實用價值:

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
4. 同時搭載遙控接收器，若失控可換回手動搖控返回，**避免浪費**。

#### 參考資料

- 一、林中彥、林智毅 (民 106)，無人飛機設計與實作。台灣:全華圖書。
- 二、陸維爽 (民 109)，無人機總體氣動設計。北京航空航天大學。
- 三、陳大達 (民 102)，航空工程(飛行原理)概論與解析。秀威資訊。
- 四、GPS 穩定演算法：完美軌跡背後的秘密。Hikingbook。2020 年 4 月 16 日。取自：<https://reurl.cc/2g1vAO>。
- 五、pixracer 介紹及接線方法。Dronecode。2020 年 10 月 28 日。取自：[https://docs.px4.io/v1.9.0/en/flight\\_controller/pixracer.html](https://docs.px4.io/v1.9.0/en/flight_controller/pixracer.html)。
- 六、飛機自動返航說明及介紹。ARDUPLOT。2020 年 9 月 28 日。取自：<https://ardupilot.org/ardupilot/>。
- 七、pixhawk 開源飛控介紹。Pixhawk。2020 年 9 月 8 日。取自：<https://pixhawk.org/>。
- 八、圖解飛機說明各部位功能。每日頭條。2020 年 9 月 6 日。取自：<https://kknews.cc/zh-tw/military/l9yrl3e.html>。
- 九、Creo Parametric 5.0.6.0 線上說明。2020 年 9 月 6 日。取自：<https://reurl.cc/q873Wp>。
- 十、Infinityhobby。你也能看見台灣-無人飛機空拍入門(第零篇)。2020 年 9 月 6 日。取自：<http://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=368&t=3853906&p=1>。