家庭套組：給孩子

會說話的飛機

一個分成六章的故事，講的是一個此時此刻就在你家上空發生的祕密。請和大人一起讀，讀的時候也動手試試方框裡的活動。

學習 - https://radar.dataero.eu/zh-hant/learning/family/child 2026-11-21

目錄

第 1 章 天空滿滿的，卻沒有人看得見
第 2 章 雷聲、閃電，以及飛機怎麼知道自己在哪裡
第 3 章 訊息：飛機每秒說兩次的話
第 4 章 一種你的眼睛看不見的顏色
第 5 章 金屬耳朵，以及為什麼地球是圓的很重要
第 6 章 很多隻耳朵組成一張地圖
你懂了嗎？三個問題
故事的結尾 你也能擁有自己的金屬耳朵嗎？

第 1 章

天空滿滿的，卻沒有人看得見

走到窗邊抬頭看。也許你會看到一架飛機，一個小小的亮點，後面拖著一條白線。也許你一架也看不到。但是告訴你一個祕密：你住的城鎮上空幾乎隨時都有飛機，而且通常不只一架。它們飛得好高好高，有十公里，也就是一萬公尺，比歐洲任何一座山都還要高，所以你幾乎看不到它們，飛機裡的人也幾乎看不到彼此。

而且它們飛得很快。一架在高空飛的大飛機，每小時大約飛 900 公里，也就是每一秒鐘飛 250 公尺。你眨一下眼睛，它就已經飛過兩座足球場那麼長的距離了。現在想像一下，有好幾千架飛機，遍布整個歐洲，全都同時朝著不同的方向飛，而且沒有一架能好好看見其他飛機。總得有人確保它們永遠不會靠得太近。這個人叫做航空管制員，規定是：飛機上下之間一定要隔至少三百公尺，也就是三座足球場豎起來疊在一起那麼高，或是左右之間隔好幾公里。

可是，坐在地面上一個房間裡的管制員，怎麼能每一秒都知道每一架飛機在哪裡呢？飛機可是在十公里高的地方，還被雲遮住了耶！這整個故事要講的就是這個問題。答案非常聰明，聽起來有點像魔法，但其實一點也不是魔法。那是科學，等到故事結束的時候，你會完全明白其中的每一個部分。

試試看：五分鐘數飛機
看著窗外五分鐘，數一數你看到或聽到的每一架飛機，把數字寫下來。然後請大人在手機上打開飛機地圖，放大到你住的城鎮，數一數地圖上的飛機。是不是比你數到的還多？幾乎每次都是這樣。地圖上的每一架飛機，都正在做第 2 章裡說的那件事。

第 2 章

雷聲、閃電，以及飛機怎麼知道自己在哪裡

你有沒有數過閃電和雷聲之間隔了幾秒？如果你數到三，暴風雨大約在一公里外；如果你數到九，就在三公里外。這個方法行得通，是因為閃電的光一下子就到你這裡了，但雷聲走得很慢，暴風雨越遠，聲音就要花越久才能傳到你這裡。所以**延遲的時間會告訴你距離**。要記住喔，因為飛機用的就是這一招。

在飛機上方，高得多的地方，也就是兩萬公里高的太空中，大約有三十顆特別的衛星繞著地球轉。每一顆衛星裡面都有一個時鐘，準到一百萬年也不會差一秒。而且每一顆衛星都一直用無線電大聲說：「我是第十二號衛星，我就在這裡，現在的時間就是這個時候。」它不在乎誰在聽，就是一直說個不停。

飛機在聽。無線電非常、非常快，可是兩萬公里就算對無線電來說也是很遠的路，所以衛星的呼叫抵達飛機時會晚一點點，大約十五分之一秒。飛機的電腦會比較衛星說的時間和呼叫抵達的時間。延遲的時間告訴我們距離，就跟雷聲一樣！所以飛機現在知道自己離第十二號衛星有多遠了。它再對另外三顆衛星做同樣的事。全世界只有一個地方，剛好同時和這四顆衛星都是正確的距離。那個地方就是飛機所在的位置。飛機現在知道自己在哪裡了，誤差只有幾公尺，而且這全都是它自己算出來的。

注意到了嗎：衛星並沒有看到飛機。它們根本不知道飛機在那裡。它們只是大聲報時，就像教堂的鐘在整點敲響一樣，所有的計算都是飛機自己做的。很多人以為衛星在監視飛機。其實沒有。是飛機在聽衛星說話。

試試看：拍手和手電筒
站在花園或長長房間的一端，請大人站在另一端拍手。你一聽到拍手聲就馬上舉手。接著改用手電筒閃一下光，再做一次。當你們離得很遠時，拍手聲會晚一點點才到；閃光則是馬上就到。光和無線電快到你在家裡根本察覺不到延遲。但是衛星離我們非常遠，就連光從那裡下來，也要花一段量得出來的時間。

第 3 章

訊息：飛機每秒說兩次的話

所以飛機知道自己在哪裡了。現在要講到最聰明的部分了。不是由地面上的人想辦法去找飛機，而是飛機直接**告訴**他們。每一架大飛機裡面都有一台小小的無線電，大約每秒兩次，不用任何人按按鈕，它就會發出一則訊息。這則訊息有四個部分：**我是誰**（每一架飛機都有自己的代碼，有點像車牌，而且一輩子都不會變）、**我在哪裡**（從衛星得到的位置）、**我飛多高**，以及**我飛多快、往哪個方向飛**。

飛機不會等別人來問，也不會把訊息傳給哪一個特定的人。它就是對著全世界大聲說，每秒兩次，從它開始移動，一直到它再次停好為止。其他飛機聽得到，並用它來彼此保持距離。航空管制員聽得到。而且，你在第 5 章會發現，任何擁有合適「耳朵」的人也都聽得到。

無線電怎麼「說」出自己在哪裡呢？它沒辦法傳送文字，它只會做一件事：發出一個小小的脈衝，或是不發。所以這則訊息是由「是」或「不是」的答案組成的，總共一百一十二個排成一列，而大家事先都約定好每一個代表什麼意思。前面二十四個「是或不是」拼出飛機的名字。二十四個「是或不是」聽起來好像不多，但它們有將近一千七百萬種不同的組合，足夠讓有史以來造出的每一架飛機都擁有自己的名字。整則 112 個答案的訊息，只要大約萬分之一秒就能送出。訊息最後還有二十四個額外的答案，用來做檢查，這樣如果訊息在途中被弄亂了（也許是因為兩架飛機在同一瞬間大聲說話），收聽的人就能發現，然後把它丟掉。沒關係：半秒鐘後飛機會再說一次。

試試看：當一架飛機
張開雙臂，在房間裡到處「飛」。每走幾步，就大聲說出你的訊息：「我是飛機嗖嗖號！我在沙發旁邊！我飛得很高！我飛得很快！」大人當塔台，拿一張紙，每次你說話就畫出你在哪裡。然後交換角色。再試試每分鐘只說一次訊息，看看塔台畫出來的圖會變得多沒用。現在你知道為什麼真正的飛機每秒要說兩次了吧。

第 4 章

一種你的眼睛看不見的顏色

訊息是以**無線電波**的形式離開飛機的。接下來這件事會讓大多數大人嚇一跳：無線電波就是光。不是*像*光，它*就是*光。它和手電筒或太陽發出來的是同一種東西，而且跑得一樣快：一秒鐘三十萬公里，等於繞地球整整七圈。每一秒都是這樣。

那你為什麼看不見它呢？想想一條繩子。如果你慢慢甩動繩子的一端，會出現又大又懶洋洋的波浪；如果你甩得很快，就會出現很多又小又忙碌的波浪。光也是這樣。紅光抖動得非常快；藍光抖動得更快。我們的眼睛天生只能注意到一小段抖動速度，也就是彩虹的顏色。無線電抖動得太慢了，我們的眼睛察覺不到，雖然它每秒還是抖動超過十億次。所以無線電是一種顏色，一種非常慢的顏色，只是我們的眼睛看不見而已。狗聽得到你聽不到的哨聲。蜜蜂看得到花朵上你看不到的圖案。而天線看得到一種你看不到的光的顏色。

因為抖動得慢，飛機發出的波相當長：從一個波紋到下一個波紋有 27 公分，大約和學校用的尺一樣長。此時此刻，就有好幾千個這樣的波紋正穿過你的房間，來自四百公里內的每一架飛機，而你連一個也感覺不到。

還有一件非常重要的事。無線電**不是聲音**。有一種叫做「收音機」的盒子會發出聲音，這很容易讓人搞混，但無線電波本身是安靜無聲的光。聲音是空氣推著空氣；它很慢（大約每秒 340 公尺，這就是為什麼雷聲會在閃電之後才來），而且需要空氣才能傳過去。無線電什麼都不需要：它可以穿過從衛星到飛機之間的太空，那裡沒有空氣可以傳送聲音。飛機引擎的轟隆聲是聲音，要在飛機飛過去很久之後才傳到你這裡。飛機的訊息是光，幾乎在飛機還沒發送完時，就已經抵達天線了。

試試看：繩子和尺
把一條跳繩綁在門把上，然後甩動另一端。慢慢甩：大波浪。快快甩：小波浪。每次都用尺量一個波浪有多長。然後把尺放在地板上：飛機發出的波，從一個波紋到下一個波紋，大約就這麼長。現在打開手電筒，問問看光在哪裡。到處都是，馬上就到。飛機的訊息就是完全這樣傳送的。

第 5 章

金屬耳朵，以及為什麼地球是圓的很重要

如果無線電是一種我們看不見的顏色，那什麼東西看得見呢？答案是一塊叫做**天線**的金屬。當無線電波經過一塊金屬時，會讓金屬裡面的電跟著波的節奏來回晃動。這個小小的晃動就是「聽見」，一台叫做接收器的小機器可以從中讀出飛機的脈衝。所以天線就是一隻金屬耳朵。而且就像真的耳朵一樣，它有適合自己的大小：當它的長度是波長的四分之一，也就是大約 7 公分時，最能聽清楚飛機的波。這就是為什麼用來收聽飛機的天線是一根小短棒，而不是一個大碟子。

那麼，金屬耳朵能聽到多遠的飛機呢？你可能會以為這要看飛機有多「大聲」。有一點關係，但還有另一件事更重要，那就是：**地球是圓的**。無線電是光，光走直線，而且沒辦法穿過地面。所以從屋頂上的天線拉出一條直線，很快就會碰到地球的弧線，任何在弧線後面的飛機都會被擋住，不管它多大聲都一樣。這就像一艘船慢慢開走：先是船身消失在地平線下，然後才是桅杆。

你站得越高，就能越過弧線看得越遠。這個你早就知道了：站在椅子上，你就能看到人群的另一邊。這就是為什麼天線要裝在屋頂上、桿子上和山丘上。從屋頂上，天線可以聽到四百多公里外、在十公里高空飛行的飛機，那比從布魯塞爾到巴黎再回來還要遠。但是一架剛從五十公里外的機場起飛的飛機，可能會完全被地球擋住，天線要等到它爬升得夠高、能從弧線後面探出頭來，才聽得到它。

試試看：尋找天線和地平線散步
在你家裡和家附近找出五支天線。提示：Wi-Fi 盒子、汽車車頂、房子屋頂、收音機，還有一支藏在手機裡面。注意看有多少支是裝在高處的。然後去一個視野好的地方。先蹲下，再站起來，再坐到大人的肩膀上。每次你升高的時候，出現了什麼？這就是屋頂對天線的幫助。

第 6 章

很多隻耳朵組成一張地圖

一個屋頂上的一支天線，可以聽到一圈直徑幾百公里的天空裡的飛機。這已經很多了，但還不是整個歐洲。所以有好幾百支天線，裝在房子、機場和學校上，每一支都透過網路把聽到的東西傳送到一台電腦。電腦把所有的碎片拼在一起，就像一幅拼圖，每一片都是一支天線所聽到的那一圈天空。同一架飛機通常會同時被十支或二十支天線聽到，電腦會發現那是同一架飛機，不會把它畫二十次。

結果就是即時地圖。每一架正在「說話」的飛機，它在哪裡、飛多高、飛多快、往哪個方向，每秒更新一次。現在你已經知道它運作的全部祕密了，從頭到尾：飛機聽衛星的聲音，算出自己在哪裡；它用一則由 112 個「是或不是」組成的訊息，每秒說兩次；這則訊息搭著一道看不見的光波前進；屋頂上的金屬耳朵接住它，只要飛機在地球的弧線之上就可以；而好幾百隻耳朵一起組成了地圖。地面上沒有任何人測量過任何東西。是飛機告訴我們的，而我們在聽。

最後一件事，因為好的偵探一定會問這個問題。地圖上會顯示*每一架*飛機嗎？不會。它只顯示正在說話的飛機。幾乎所有的大型客機都會說話。有些小飛機、滑翔機和熱氣球沒有這種無線電，有些軍用飛機則選擇保持安靜。所以地圖是誠實的，但它並不完整。沒有一張地圖是完整的。

試試看：找到你的飛機
和大人一起打開飛機地圖，放大到你家。等一架飛機從頭頂飛過，在地圖上找到它，然後點一下。讀一讀它的名字、它的高度，還有它要飛去哪裡。然後抬頭看看真正的飛機，想一想：那架飛機此時此刻正在說它的訊息，每秒兩次，而某個人的金屬耳朵接住了它，所以我才能在地圖上看到它。然後問問自己：如果它不說話了，會發生什麼事？

你懂了嗎？三個問題

先想一想你的答案，再按下按鈕看看對不對。

1. 衛星會監視飛機嗎？

2. 無線電波是一種聲音嗎？

3. 為什麼天線要裝在屋頂上？

故事的結尾

你也能擁有自己的金屬耳朵嗎？

可以！一台真正用來收聽飛機的接收器，放得進一個鞋盒裡：一支小天線、一根插在小電腦上的接收棒，再加上網路。大人可以花一個下午陪你一起做出來，等它開始運作，飛過你家上空的飛機就會出現在大地圖上，因為是你的耳朵聽到了它們。請大人和你一起打開工作坊頁面吧。

給大人看工作坊 https://radar.dataero.eu/zh-hant/learning/workshop

解答

1. 衛星會監視飛機嗎？
   不會。衛星只是大聲報時，就像教堂的鐘一樣。飛機在聽，從延遲的時間算出每顆衛星離它多遠，然後找出自己的位置。接著它再告訴所有人。
2. 無線電波是一種聲音嗎？
   不是。它是一種光，一種我們的眼睛看不見的顏色。它不需要空氣，可以穿過太空，而且跑得比聲音快將近一百萬倍。
3. 為什麼天線要裝在屋頂上？
   因為地球是圓的，而無線電走直線。天線越高，它的直線就能越過弧線伸得越遠才碰到地面，所以就能聽到越遠的飛機。