

直升機的特徵是什麼？

～與一般的飛機有什麼不同

「直升機」是「航空器」的一種。

航空器可以概分為「固定翼飛機」與「旋翼機」兩種。所謂的固定翼飛機，顧名思義就是「機翼」是被固定住的，就像大家所熟知的客機等一般的飛機。

而直升機則是機翼會迴轉的航空器，也就是日文所說的迴轉翼機。當然可能因為叫直升機比較容易讓人理解，所以一般人都不會說旋翼機。不過，把這個正式名稱記起來也無妨。雖然也有「飛機」這樣的詞彙，但一般並不會把直升機稱為飛機。一般說到飛機，還是會聯想到固定翼機。

直升機在機體的最上方有著會迴轉的機翼。因此，就不需像鳥的翅膀一樣在左右裝上長機翼。其構造是不固定住機翼，而是組合數根細窄的機翼，透過快速旋轉中心軸以取得「升力」（飛行所需的力量）。但是，其構造非常複雜，需要非常精密的操縱技術。此外，雖然鳥或飛機可以利用翅膀、機翼滑翔，但直升機若不能維持一定的迴轉，馬上就會無法飛行。

但是，直升機可以靜止在空中，並改變方向、後退，是能夠在空中自由活動的劃時代航空器。其特徵是能夠完成飛機所絕對無法模仿的動作，被使用在各種用途之上。



©Eurocopter/Patrick PENNA

↑ 直升機是旋翼機。藉由迴轉多片細長的機翼組合，以取得升力，操縱很困難。

→ 飛機是固定翼機。除了直升機以外，一般有機翼的航空器就是飛機。



直升機不需要跑道

～不論在何處都能起飛、降落

直升機可以垂直起飛降落。並不需要像飛機一樣地滑行。因此，可以降落在狹窄的空間，起飛時也能立即向上升。

- 垂直起飛降落
- 「懸停」（空中靜止）

這兩點的原理是相同的。直升機一般都是從懸停狀態朝起飛、降落變化。

直升機頂端所裝的大型「螺旋槳」（旋翼），就像是電風扇一樣的東西，利用引擎的力量來旋轉以產生風。爲了能讓機體浮在空中（取得升力），螺旋槳上添加了許多精密的設計。

此外，螺旋槳轉動時會使空氣向下方流動，利用其反動力，就能使機體更輕易地浮在空中。這被稱爲「地面效應」（參考4-13）。

像這樣使機體朝正上方升起，對直升機來說是非常重要的，沒有一台直升機是無法垂直起飛降落的。相反地，直升機便是以能夠垂直起飛降落的航空器爲目的而被發明出來的。更進一步說，直升機能夠前進飛行，也是垂直起飛後的應用操作。這是利用一點一點地改變風向下吹的角度，使其成爲機體前後左右移動的力量（推力）。

此外，英文的「helicopter」，是由希臘文中的「螺旋」（helico）與「翅膀」（peteron）結合而來。



↑ 懸停（空中靜止）在離地1m以下高度的直升機。之後，將會變換為起飛。降落時也是如此。



↑ 直升機能降落在各種地點。只要地面平整達一定程度，即使在草地上也沒有問題。

直升機為什麼能夠飛行？①

～以四種力量取得平衡

要說明為何直升機能夠飛行，並不簡單。必須要能夠先理解物理法則才行，不過在這裡將大膽地不使用公式來試著加以說明。

爲了要實現「能夠浮在空中」，且「可以前後左右地移動」，巧妙地取得平衡是相當重要的。

飛行中的直升機有著以下四種力量在作用著：

- ①升力：乃是藉由氣流通過旋轉機翼的作用所產生的向上力量。由於機體取得了升力，所以能夠上升。
- ②重力：雖然是很理所當然的事，不過機體是存在著重量的。機體搭載了駕駛員或載運著貨物就會變得更重，在重力的影響下會有向下的力量作用著。向下拉的力量，與升力正好相反。這點應該不用說明也能夠想像吧？
- ③推力：這是使機體前進（移動）的力量，是指能夠使多重的物體移動多少距離。以直升機而言，與引擎動力（引擎出力）有著極大的關係。
- ④阻力：是直升機在空氣中移動時，與推力相反方向作用的空氣抵抗力。就是將手伸出奔馳中汽車的窗口時，手被往回推的力量。

直升機就是透過巧妙地調整這四種力量的強弱，才能夠靈活地飛行。也就是說直升機正是研發出了這樣的構造，並使其能夠被操縱的機器。而操縱直升機的人，當然就是駕駛員嘍！

➔ 作用於機體上的四種力量

A hovering (懸停) 時



B 平直飛行 (前進飛行) 時



主旋翼前傾

四種力量中的「推力」變成向前移動的力量。要前進時，只要將主旋翼的旋轉面稍微往前方傾斜即可。若主旋翼的旋轉面向後傾斜，「推力」與「阻力」的方向就會變得前後相反，使得直升機能夠向後飛行。同樣地，將主旋翼的旋轉面向左或向右傾斜，直升機就能夠向左右移動。

直升機為什麼能夠飛行？②

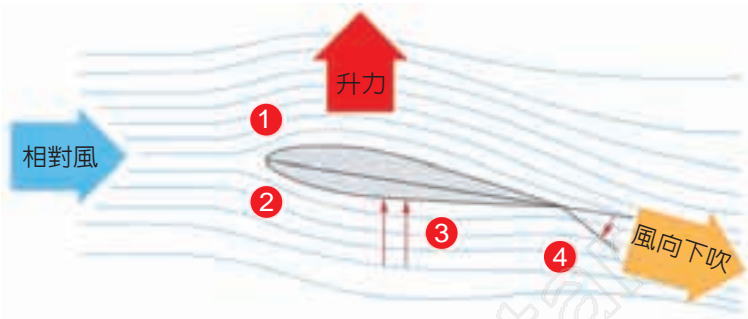
～利用引擎旋轉機翼取得升力

螺旋槳（主旋翼）與飛機所裝的主翼同樣是呈「魚板型」的斷面。只要改變機翼角度，流經機翼上方的空氣與流過下方的空氣的速度就會產生差異，造成壓力變化。這可以用「白努利定律」，即：「運動的流體（液體或氣體）速度變快，流體內部的壓力就會降低」來說明。

當機翼前緣碰到風時，機翼上方氣流的流動就會加速，機翼下方流動則會減緩。如此一來，機翼上方的壓力則會降低，相反地機翼下方的壓力則會提高。接著壓力低的上方會產生向上吸提的力量，也就是向上推起的力量。就像在強風中撐著傘，自己也彷彿快要被吹到空中浮起來一般的感覺。這是由於流經傘上方的空氣與進入傘中的空氣流動方式不同所造成的作用。又或者，請試著將手從奔馳中的車裡伸出看看。朝著前進方向將手稍微向上傾斜，手下方就會有風猛烈地碰撞，而產生向上提的感覺。

藉由機翼取得升力的基本上，飛機與直升機相同。飛機會以高速起跑，主動與空氣碰撞使主翼與風接觸，製造空氣的流動，來取得升力。直升機則會旋轉與飛機有著同樣斷面的機翼，使機翼碰撞空氣。接著，機翼的前緣就會產生氣流而得到升力。直升機旋轉的機翼所產生的作用，與飛機起跑時飛機的機翼所造成的作用是相同的。

氣流的流動方式與力量的作用 機翼的斷面



- ① 氣流流動快速 = 壓力低
- ② 氣流流動緩慢 = 壓力高
- ③ 上推力量（向上提拉的力量）的作用 = 機體向上漂浮
- ④ 機翼的傾角。傾角越大（斷面越傾斜），提拉力量就更能發揮作用，升力也就越大。結果，就能讓機體急速地向上漂浮。

↑ 主旋翼的斷面。透過旋轉此機翼與空氣碰撞，產生升力。尾旋翼（請參考 1-15）也是同樣的原理，垂直裝設在機體後部，產生橫向的升力。



↑ 雖然主旋翼看起來像是扁平的板子，但其斷面和飛機機翼形狀是同樣的形狀。（照片與上方圖的斷面方向前後相反，因為一般的主旋翼是向左旋轉的。）

光是「竹蜻蜓」是無法飛行的

～需要有反扭矩系統

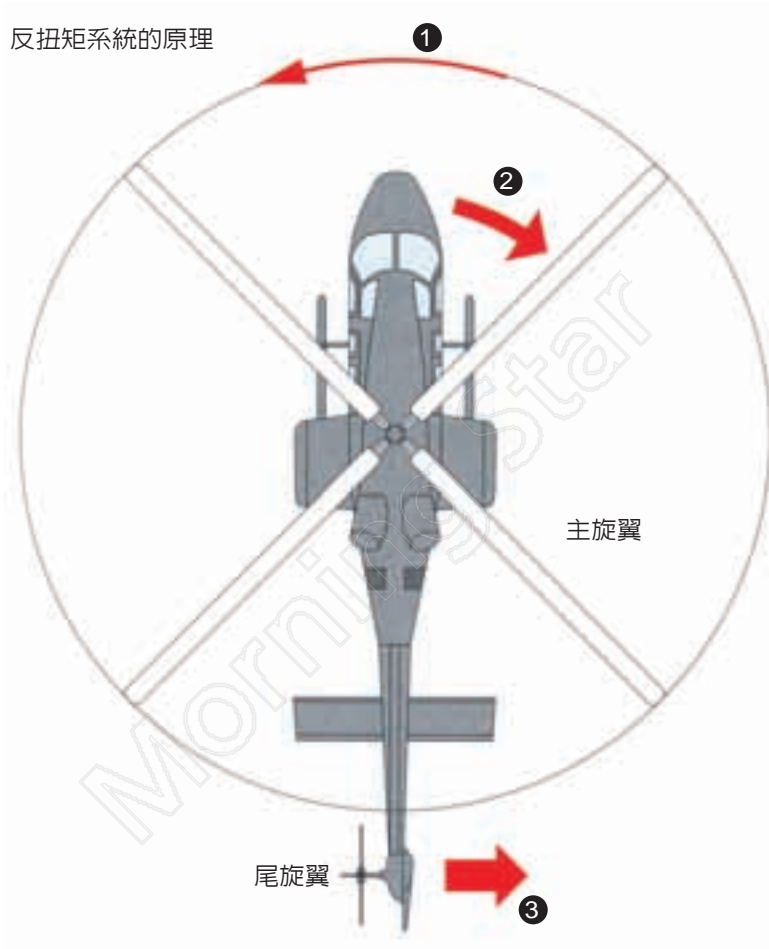
漫畫「哆啦A夢」裡，出現過只要放在頭上就能夠飛上天空的祕密道具「竹蜻蜓」。但現實中能不能用這種方法來飛行呢？其實這有著相當的困難性。

最容易理解的方法，就是在模型用的小型馬達上裝上螺旋槳，然後試著使其旋轉。你會發現，如果手拿著馬達機體，馬達機體會與螺旋槳呈相反方向迴轉。如果沒用手緊緊抓住馬達機體，大概就會飛到某處去了。雖然我們可以在自己身上裝螺旋槳讓其迴轉，但如果不能抑制反方向迴轉的力量（扭矩），就無法保持平衡，而這樣的構造也是直升機所不可或缺的，稱為「反扭矩系統」（扭矩抵銷裝置）。

就像一般所看到的直升機一樣，如果在機體上裝了大型旋翼使其迴轉，就能夠升上空中。但是，同時也會讓機體不斷打轉，為了抑制其作用所以才有了「尾旋翼」。尾旋翼是以橫向裝設在機體後方，所以可以產生橫向的推力。藉此，就能對於想要旋轉的機體施加反向壓力，將機體壓住。飛行中如果尾旋翼破損，機體真的就會一邊旋轉一邊墜落。另外，就算不是尾旋翼也沒關係。如果是「縱列式雙旋翼」與「同軸反轉式雙旋翼」直升機，本身就具備有反扭矩系統的作用了。

➔ 旋翼的作用與反作用（扭矩）

反扭矩系統的原理



- ① 主旋翼的迴轉方向。一般的直升機是向左迴轉。
- ② 主旋翼產生的方向。用引擎的力量來旋轉主旋翼的話，就會伴隨著產生反作用（扭矩），使機體向右旋轉。
- ③ 尾旋翼所產生的推力方向。用尾旋翼所產生的推力壓抑住想向右旋轉（偏向右）的機體，藉此來維持機首方向，稱為「反扭矩系統」。透過此原理，直升機就算旋轉主旋翼，也能夠筆直前進。

※主旋翼向右旋轉的直升機，就需要有與此圖相反方向作用的反扭矩系統。

直升機大小的極限

～更重要的是追求直升機的便利性

從2人座的小機體到可以搭載500人的噴射機，飛機有著各種不同大小的機種。然而，直升機卻因為現實的考量大小的設計存在著極限。世界最大的實用型直升機是俄羅斯的米爾設計局所研發的「Mi-26」，機體全長達40公尺。

機體大的話，理所當然地不僅旋翼大，搭載的引擎出力也大。但，要將比Mi-26更大的直升機加以實用化，是相當不切實際的。若要搭載出力大的引擎，也並非無法研發。不過，機體變得愈大其結構就愈複雜，零件的數量也會大量增加。於是，就會造成維護性下降，使得維護與營運成本變得極為龐大。

就像前面說過的，直升機最大的優點就在於能夠在狹窄的空間起飛降落。機體變大，就會無法在目前的直升機場起飛降落，而且噪音也會變大，因此，也稱不上是便利的交通工具了。

直升機的目的並非在於一次性的大量運輸。世界各地都存著具有跑道的飛行場所，因此將直升機用於直升機場到機場間人員與物資的往返運輸（末端運輸），長距離的移動則交由飛機，如此的模式反倒更有效率。直升機與飛機相比，雖然有著速度較慢、飛行距離短的缺點，但如果是追求直升機特有的便利性，就不是什麼太大的問題了。考慮到技術性問題與營運成本，能夠搭載5～10人，最多20～30人左右的大小便相當足夠了。



↑ 世界最大的直升機，米爾「Mi-26」。由俄羅斯研發、製造。



↑ 19人座直升機，塞考斯基飛機公司「S-92大型載客直升機」。直升機整體上有著比飛機更複雜的構造，零件數也更多。因此，在維護上需要大量的費用。

照片提供：塞考斯基飛機公司

直升機內又是如何呢？

～由於尾管使機體變長

實際來看直升機內部，最前方會有駕駛座，通常左右兩個位子會裝有同樣的操縱裝置，左右各坐一名駕駛員，在構造上任何一位駕駛員都能進行操縱。坐在駕駛座的話一定能注意到，直升機前方的視野非常良好。這是因為直升機在懸停時，駕駛員必須仔細觀察下方，以目測來判斷位置。

機體的後方是機艙（客艙），以人員運輸為目的的直升機還會設有座位。隨著直升機大小不同，機艙可以乘坐3～10人。

機艙可以配合用途做各種變更。因此，在醫療或救援用的直升機上，就可以運送擔架。相反地，在運送物資的直升機上，就會變成空無一物的載貨空間。

一般的直升機，機體全長約為10～15公尺，為了安裝尾旋翼所以需要有「尾管」，這個部分會達機長一半左右。因此，即便直升機機體全長10公尺（扣除旋翼），機艙的全長也只有3.5公尺左右。

雖然一般從外觀上看不出直升機的引擎是安裝在哪裡，不過通常都會安裝在機體上方。此外，燃料箱常都裝設在機艙下方或後方。



↑ 最前方的駕駛座。從駕駛艙望出去的視野非常良好。這是為了讓駕駛員能夠以目視的方式掌握與地面間的距離，所以必須能夠很清楚地看見下方。



©Eurocopter/ Jérôme DEULIN

↑ 從側邊來看直升機的話，會發現約有一半的機體是為了裝設尾旋翼（後方旋翼）所需的尾管。

直升機可以依用途進行研發

～改造多用途直升機

航空器製造業者進行機體研發時，會先考量使用者「將如何使用直升機？」但如果研發、製造出與目的完全不同類型的直升機，若賣不掉就會造成研發費用上的莫大損失。

因此，如何研發出可以改造成多種用途、泛用性高的直升機，已成為近來的主流。先完成本體，之後再依需求進行細部的樣式變更，如此就能製造出可對應各種用途的直升機了。

直升機的研發需要耗費漫長的時間與龐大的經費。從未研發過直升機的製造商就算想要開始研發，也不是件簡單的事。就算理論上能夠設計出來，但要研發出實際上可確保安全的機體，還是需要漫長的時間去試驗。

至今研發出直升機的製造商，是因為有著實驗資料與實際經驗，所以才能在開發新直升機時，能運用先前所累積的方法。也就是說，能夠縮減研發所需的時間及成本。也正因為如此，現在直升機製造商在世界上仍是屈指可數，也是由這些企業獨占市場。

然而，由於軍用直升機在使用目的上更為明確、更追求高性能，所以無法只是對泛用型直升機進行細部改造。有時也需要從無到有地研發出嶄新的直升機，不過這時通常都由國家預算來支付，所以並不會有研發經費上的問題。



↑→塞考斯基飛機公司最初為軍事用途所研發出的運輸·泛用型直升機「UH-60」(上)。應用了UH-60的技術，該公司針對民間所研發的機種，即為泛用型直升機「S-76」(右)。

照片提供：塞考斯基飛機公司



→歐洲直升機公司的戰鬥直升機「Tiger」。未曾被民間使用過的軍用直升機是投入國家預算所研發而成的機種，具有前所未有的能力，但因為不斷地嘗試錯誤，耗費了相當漫長的研發時間。



©Eurocopter/Jérôme DEULIN

直升機誕生於何時？

～第二次世界大戰末期予以實用化

在第二次世界大戰末期，像現在外形的直升機開始投入實用並活躍於世界各地。

若要更往前追溯直升機的歷史，在飛機上裝上旋翼的「自轉旋翼機」（autogiro）是實用化的開始，其原型是1923年於西班牙所發明出來的。之後，經歷了不斷的錯誤嘗試，1935年法國的布雷蓋（Louis Charles Breguet）研發出了「同軸反轉式」直升機，1936年德國的福克（Heinrich Focke）更是完成了縱列式雙旋翼直升機。此時的福克「Fa-36」成功地完成28秒的初次飛行，隔年更創下了飛行時間1小時20分鐘、高度2400公尺、速度122km/hr的紀錄，擁有相當接近於現代直升機的性能。

而塞考斯基飛機公司則在1939年研發出「VS-300」，並完成初次飛行。其主旋翼與尾旋翼的樣式，可說是現在最為普及的直升機原型。其改良版的「R-4」在1942年1月完成初次飛行，成為了世界最早的量產型直升機。R-4被配備於美國陸軍，1944年5月開始進行實戰任務。1946年貝爾直升機公司開始量產「貝爾47」，此款直升機的後續機型為超級暢銷機種，到現在也仍舊持續飛行於空中。

戰後，由於研發出了航空器所用的渦輪引擎（噴射引擎），所以也開始考慮研發直升機的噴射化（渦輪軸引擎）。1955年，法國的「雲雀」（Alouette）完成了首次飛行，它是率先搭載了渦輪引擎的實用化直升機，之後世界各地大多數的直升機也開始噴射化直到現在。



↑ 源自在飛機上裝上旋翼的構想，但並無法加以實用。

照片提供：NASA



↑ 塞考斯基飛機公司所研發的「VS-300」

照片提供：塞考斯基飛機公司

↙ 貝爾直升機公司最暢銷的「貝爾47」。

照片提供：五十嵐榮二

→ 最先搭載渦輪軸引擎的直升機，是南方飛機公司的「SE3130 Alouette」。照片為其後續機種「SA315B Lama」。

照片提供：川內敏央



達文西曾經構想過直升機？

～為什麼難以研發成功呢？

在此再提一下關於直升機的歷史與其研發過程。古代人早已知道，只要使旋翼迴轉就能夠浮在空中的道理。事實上，由於「竹蜻蜓」只要用木頭就能削成，或許能夠將其應用在交通工具上，這樣的構想在很早以前就有了。而後，19世紀以前許多的科學家便以這樣的構想來進行實驗。順道一提，在西元前400年左右，竹蜻蜓就存在於中國的紀錄中，在日本也曾從奈良時代的遺跡中被挖掘出來，是自古便存在的玩具。

在1493年文藝復興時期，義大利天才李奧納多·達文西構想了螺旋狀的螺旋槳，當時的草圖至今還遺留著，據說是直升機的祖先。然而，在那個時代並不存在可以讓螺旋槳持續旋轉的動力（能源）。

到了20世紀，飛機能夠飛行之後，直升機仍未能立即被當作安全的交通工具而予以實用化，這又是為什麼呢？其中的一點是因為要弄清、解決航空力學的問題並不是件容易的事。空氣的流動是肉眼所看不見的，所以不知該如何才能夠取得平衡。此外，要怎麼才能控制旋翼，研發也需要時間。由於直升機有許多迴轉運動的部分，所以其組合方法相當地複雜，這點只要從現在的直升機構造來看或許就能知道了吧！第一次、第二次世界大戰中的技術革命使構想與實用化結合，終於能以小型、質輕的軸承等，製造出可以承受迴轉運動、材質堅固的零件，這點可說是占了相當重要的部分。



◀李奧納多·達文西的生日是1452年4月15日，在日本被視為「直升機之日」。達文西在1493年所留下的草稿被稱為「空氣螺絲」(air screw)。似乎是以帆船為構想，將螺旋形的帆狀物與立於圓形底座的帆柱結合，只要將其高速旋轉就能飛上天空的構想。

出典：維基百科



↑載人直升機的初次飛行是在1907年。在此4年之前，萊特兄弟於1903年讓動力飛機首次飛行。然而，將其實用化花費了漫長的歲月，第二次大戰結束時，飛機才終於開始量產。照片是世界最早的量產型直升機，塞考斯基飛機公司「R-4」（正確來說是實驗機的HNS·1/YR-4B Hoverfly）被視為劃時代的航空器，隨即被美軍採用。R-4是由實驗機「VS-300」大幅改良而來。搭載Warner R-550星形引擎、200匹馬力。空機重量952kg，比現代小型活塞式直升機更重。有著巡航速度105km/hr，最高速120km/hr的性能。

照片提供：NASA