

圖解版

# 航空管制 超入門

✈️ 航空管制如何將飛機導航到安全降落  
✈️ 各式各樣的航管流程與設備大解析

藤石金彌◎著

一般財團法人  
航空交通管制協會◎監修

盧宛瑜◎譯



晨星出版

# CONTENTS

# 航空管制如何將飛機導航到安全降落

## 航空管制超入門

叢書序 .....	3
作者序 .....	4
<b>第 1 章 何謂航空管制？</b> .....	<b>9</b>
1-1 為何航空管制有其必要？ .....	10
1-2 航空管制的序幕？ .....	12
1-3 何謂飛航管理（ATM）中心？ .....	14
1-4 航空管制員的工作為何？ .....	19
1-5 最重要的飛行管理系統為何？ .....	20
1-6 飛機如何通訊？ .....	22
1-7 何謂航點？ .....	24
1-8 提高導航精確度的技術為何？ .....	26
1-9 如何監視飛機？ .....	30
1-10 天空中不可見的分隔為何？ .....	36
1-11 何謂VFR和IFR？ .....	44
1-12 何謂航路？ .....	53
1-13 跑道的作用是？ .....	59
1-14 羽田機場的「D跑道」是哪一種跑道？ .....	63
1-15 何謂關東空域重組？ .....	66
<b>第 2 章 了解航空管制的流程</b> .....	<b>69</b>
2-1 航空管制就是空中的交通管制 .....	70
2-2 機場管制服務① .....	71
2-3 終端雷達管制服務 .....	81
2-4 航路管制（ACC）服務 .....	83
2-5 機場管制服務② .....	86
2-6 何謂音標字母？ .....	92
2-7 何謂求救信號？ .....	95



### 第3章 紙上體驗航空管制 ..... 97

3-1	從起飛到降落的流程	98
3-2	機場管制①（羽田機場）	100
3-3	機場管制②（羽田機場）	102
3-4	機場管制③（羽田機場）	104
3-5	機場管制④（羽田機場）	108
3-6	終端雷達管制①（羽田機場）	110
3-7	航路管制①（東京ACC）	111
3-8	航路管制②（東京ACC、札幌ACC）	113
3-9	航路管制③（札幌ACC）	115
3-10	終端雷達管制②（新千歲機場）	118
3-11	機場管制⑤（新千歲機場）	120
3-12	羽田機場降落編制	124

# CONTENTS

<b>第 4 章 了解事故及預防事故措施</b> .....	135
<b>4-1</b> 與睡意和疲勞奮鬥的開拓者 .....	136
<b>4-2</b> 特內里費機場噴射客機相撞事故 .....	138
<b>4-3</b> 日本飛機駿河灣上空空中接近事故 .....	141
<b>4-4</b> 何種原因會引起重大事故？ .....	147
<b>4-5</b> 為何事故會連續發生？ .....	152
<b>4-6</b> 如何預防人為錯誤？ .....	154
<b>4-7</b> 澳航機場的安全文化為何？ .....	157
<b>4-8</b> 針對管制員的教育訓練工具為何？ .....	159
<b>4-9</b> 疲勞檢測系統的演進 .....	161
<b>4-10</b> 人為錯誤的終極對策為何？ .....	163
<b>4-11</b> 航空交通有哪些安全措施？ .....	165
專欄 01 飛機的飛行位置能夠即時顯示 .....	181
專欄 02 馬來西亞航空 M370 航班之謎 .....	183
<b>結語</b> .....	186

## 第 1 章

# 何謂航空管制？

航空管制的工作是為了讓飛機能夠安全地在空中飛航，  
而提供飛機各種指示及資訊。

現今若要維持安全而正確的飛機運航，不可能缺乏航空管制。

本章將和各位讀者一起看看航空管制的基本概念。



2010年開始啟用的羽田機場新管制塔台

## 為何航空管制有其必要？

### 針對數量增加的飛機進行交通管制

萊特兄弟所實現的人類首度自由飛行，是在1903年發生的事。自那之後經過大約100年的演變，我們已經能夠以音速來回穿梭於全世界。

「好想在天空中飛！」——現在之所以能夠實現過去人類的願望，完全有賴於進展顯著的近代科學，也就是工業的力量。這一百年間，有兩項「飛行的技術開發」的大躍進，一是構成飛機的機械裝置「機體」及「引擎」，二是測量目的地方位及高度的「導航」。

飛機能夠在三次元空間（前後、左右、上下）自由地高速飛行。但它無法迅速減速或在空中停止。此外，飛機也會受到雲、霧、雨、雪、風、氣壓等氣象變化的影響。當然起飛和降落也僅限於有跑道的機場。

二十世紀初，在航空技術剛剛展開的時代，由於當時飛機的構造及系統尚未成熟，常有墜機事件，或在地面或空中發生相撞。由於飛機是反重力飛行，如果發生問題，就會演變成從高空墜落。

其後，飛機機體幾經改良而變得大型化，同時為了提高了效率及安全性，針對飛機進行交通整頓的**航空管制**制度便應運而生。

2012年，日本1年當中約有550架客機、7,905萬旅客在空中飛行，這些客機全都在約1,900位**航空管制員**安全又舒適地引導、管制下，安全地飛達目的地。



萊特兄弟「飛行者1號機」(Wright Flyer I)，由福岡市的西日本航空協會等滑翔機製作團隊復原。

照片／時事通信photo (Jiji Press Photo, Ltd.)



從機場跑道起飛的噴射客機。以噴射客機為代表的飛機，現今已是「理所當然」的存在了。

## 航空管制的序幕？

「旗手」以旗子發送訊號

「人類像鳥一樣在空中飛翔！」——用布料包覆木造骨架的機翼、引擎轉動螺旋槳時如雷的轟隆聲響、飛機起飛……，看到這樣的情景，人們無不嚇到腿軟。過去為了看到這種難以置信的場景，很多人一聽到「飛機在飛」就立刻聚集在一起。

當時，在空中飛行是項大冒險，但大膽的飛機小子們卻接二連三成功達成遠程飛行。接著各地紛紛舉辦以觀光或遊覽為目的的飛行表演，最後航空郵便飛行的時代終於來臨。

航空時代初期，人們將一大片草原或平地當作跑道。由於引擎噪音大得驚人，即使飛行員開口互相示意通知，也會被引擎聲掩蓋。

為此，旗手會將訊號用旗、筆記本、午餐以及水堆放在加掛遮陽傘的**推車**中，並常駐於飛機的跑道起點。旗手會以旗子發出「Go」（前進）或「Hold」（停止）等指令，通知飛行員飛行風向及跑道上是否有障礙物等重要資訊。這就是**航空管制的開端**。

早期的飛行方式，飛行員使用的是參考地貌的**地文航行**，為了增加安全性及準確性，在航道上設有**旋轉式燈光標識**（rotating beacon）。為了讓飛行員在夜間仍可識別地形，也使用了**指路燈**。其後在展開航空客運時，為了遵守出發時間、飛行時間、到達時間等時刻表，航空管制的角色也就愈發重要。

無線技術開發後，在設置於視野良好之處的**管制塔**與跑道上

的飛機之間，能以無線電話進行管制。此時已有現代航空管制的雛形。最後，循著電信**無線標識**（radio beacon）的電波指示，即使在雲霧之中飛機也能飛行無阻了。

其後，隨著雷達技術開發，飛機成了螢幕上移動的點，可以被地面的管制員掌握行蹤。飛機本身也能夠透過螢幕，完整呈現附近正在飛行的飛機以及周圍的地形。

現在的航空管制更邁向次世代，航空管制員及飛行員之間的通訊方式，已經從聲音通訊逐漸變成透過衛星的**數據通訊**。



1920年代美國航空管制實施手旗傳訊

## 1-3

science of  
air traffic  
control

# 何謂飛航管理（ATM）中心？ 安全地管理、整合空域及交通量

航空管制現場會反覆確認機場、跑道、管制塔台以及航路的容量，並努力讓飛機的飛行總量達到最大值。無論是預計出發時間、想要的飛行路徑或是高度等，飛機在世界各地都會希望能夠以較少的限制，實現無接縫安全飛行。而擔任這項任務的重要角色，就是執行飛航管理管制工作的**飛航管理**（ATM：Air Traffic Management）**中心**，下列三點針對航空管制的必備要件，就是其主要工作內容。

### 1 飛航流量管理（ATFM：Air Traffic Flow Management）

日本上空遍布肉眼不可見的**航路**，也就是所謂的空中「高速公路」。此外，有些空域屬於民航機不能飛行的自衛隊訓練空域，飛機能夠使用的飛行路徑有所限制。在有限的飛行範圍內讓各種飛機能夠安全、舒適地飛行並控制整體流程的，就是**飛航流量管理**（Flow Management）。

飛航流量管理會先預測航空交通量、以及壅塞或天氣惡劣的空域，讓飛機在航管下能夠川流不息，在適當的航路順利飛行。如果事先預測目的地機場的壅塞狀況，就能提前限制飛行（調整飛機出發時間或在空中待機）、讓飛機在出發機場等候起飛，或是尋找並建議替代路線。

過去日本常有飛機在空中待機或繞行等飛航狀況，拉低乘客服務品質，也浪費了航空燃料。2005年10月，福岡設立了**飛航**



飛航管理（ATM）中心。主要職責為「飛航流量管理」（ATFM）、「空域管理」（ASM）及「洋區飛航管理」（Oceanic ATM）三項。

照片／日本國土交通省網站

**流量管理（ATFM）中心**，並以此為首，展開飛航流量管理，讓日本全國的飛航流量均能受到管理及控制。

## 2 空域管理（ASM：Air Space Management）

仰望天空，可以看到有客機、輕型飛機、直升機以及飛船等交錯飛行。在機場或航路裡，無論是以 $200\text{km} / \text{h}$ 速度飛行的輕型飛機，或是以 $860\text{km} / \text{h}$ 速度巡航的噴射客機，都按照以分為單位的時間表飛航。各位可能會認為天空很寬廣，但事實上空中的交通狀況相當混亂。

因此，**空域管理（ASM）**便一直發展至今。透過空域管理，我們實施航空管制，設定能使空域有效運用至最大值的航路、也設定**RNAV（區域航行）**程序在空域中的路線，以達到不

浪費航運資源的目的。

例如當天候不佳時，為了能夠避開雷雲或亂流，改在自衛隊的訓練空域飛行，自衛隊和空域就會有所調整。飛航管理中心每日都會確認航空自衛隊訓練空域有空的時間帶，當有突發性的大規模惡劣天候狀況，就會與常駐的航空自衛隊人員討論後設定**條件性航路**（Conditional Route，特定狀況下的非常設性航路）。

### 3 洋區飛航管理

（Oceanic ATM：Oceanic Air Traffic Management）

飛機要在廣大的洋區安全飛行，就必須受到航空管制。ICAO<sup>※1</sup>（**國際民航組織**）將航空管制責任分配至各國，洋區航空管制的責任分屬範圍也包含與各國的**FIR**（Flight Information Region：飛航情報區）相接的公海部分。

以日本而言，福岡FIR就針對廣大的遠東海域進行洋區管制。福岡FIR又分為洋區管理北A管制區、洋區管理北B管制區、洋區管理東管制區、洋區管理南A管制區、洋區管理南B管制區等5個管制區（sector）。

最近正在引進的**ADS**（**自動回報監視**：Automatic Dependent Surveillance）就是透過**管制員—駕駛員資料鏈結通信**（CPDLC<sup>※2</sup>），將客機現在的位置及高度傳送給管制單位。

同時，飛機上搭載的導航電腦位置數據也會自動傳送至管制單位的雷達畫面，讓管制單位能夠掌握在洋區飛行的飛機位置。

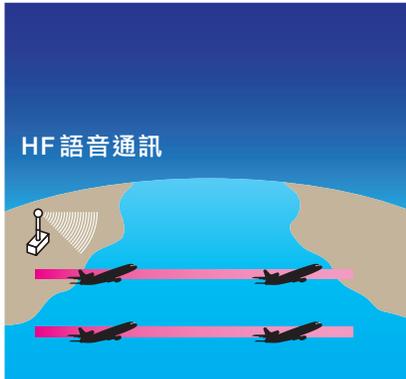
管制員對進入各管制區的飛機，一面以電子管制條（Electronic Flight Strip）或文字即時監控，一面與飛行員交換

※1 ICAO（International Civil Aviation Organization）是以國際航空發展為目標的聯合國專門機構。共有188個成員國。

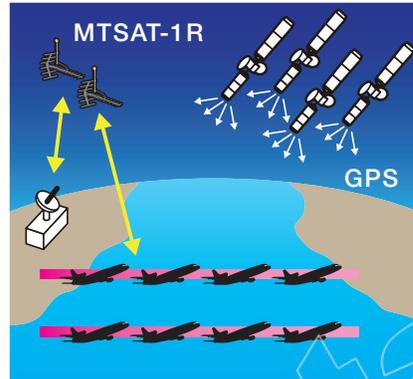
※2 Controller-Pilot Data Link Communication

## 洋區航管隔離的間距縮短了

MTSAT-1R 導入前



MTSAT-1R 導入後



洋區航管隔離	導入前	導入後 (1顆衛星)	導入後 (2顆衛星以上)
前後隔離	120 海浬	50 海浬	30 海浬
左右隔離	50 海浬	50 海浬	30 海浬

左圖為導入 MTSAT-1R 前，右圖為導入 MTSAT-1R 後洋區航管隔離的間距（前後隔離、左右隔離）。透過導入 MTSAT-1R，就能夠正確掌握洋區管制的位置訊息，縮短前後隔離。MTSAT-2 導入後，無論前後或左右隔離都更為短縮。

出處／國土交通省網站

情報來做洋區管制。

有關飛機間的管制間距，在 2005 年發射 **MTSAT-1R**（多功能運輸衛星新 1 號機）之後，透過**衛星數據鏈通訊**<sup>※3</sup>，前後隔離從 120 海浬<sup>※4</sup>（約 222km）縮短至 50 海浬（約 93km）（左右隔離在導入 MTSAT-1R 前後皆維持在 50 海浬）。

其後，自 2008 年起開始使用 **MTSAT-2**（多功能運輸衛星新 2 號機），前後隔離和左右隔離都從 50 海浬（約 93km）縮短至 30 海浬（約 56km）。

藉由縮短管制隔離，一年的燃料消耗量減少了 1,400 萬公升（鐵桶油罐 7 萬桶），換算成金額，約節省了 12 億 7000 萬日圓

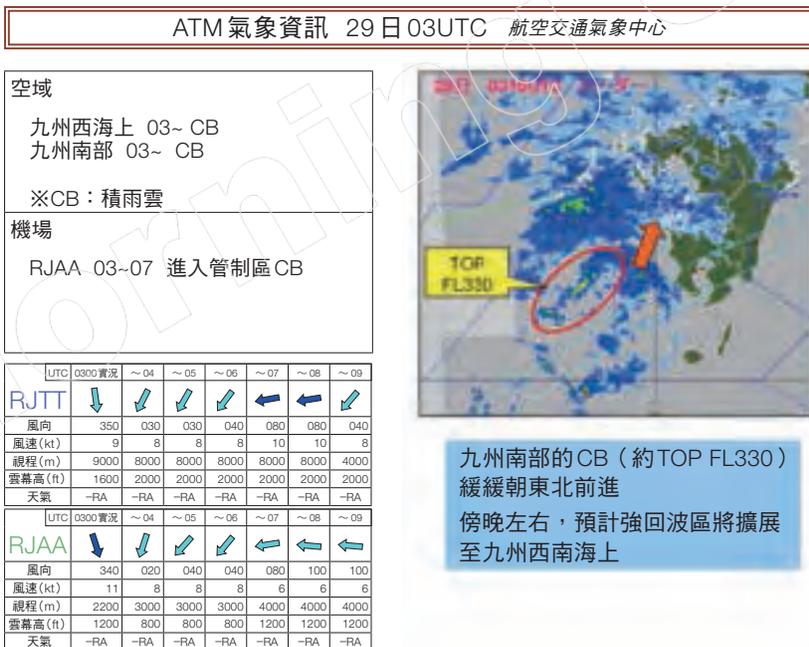
※3 使用通訊衛星的數據通訊，用來通報飛機的 GPS 定位資訊，或給飛行員與管制員做訊息交換。衛星數據鏈通訊能縮短飛機間的安全隔離、可擴大飛航流量。

※4 1 海浬 (nautical mile) = 1.852km。

(2007年)。CO<sub>2</sub>的排放量也降低了34,000噸(6500個一般家庭的排出量)。

## ○ 安全運航的決定性因素是交通氣象中心

氣象資訊對飛航人員而言，是安全運航的基石。2005年10月，飛航管理中心設置了**航空交通氣象中心**(ATMetC)，其任務就是預想惡劣天候是否影響飛航管理、分析可能會產生影響的惡劣天候，並且預測其開始及結束狀況。飛航管理中心8個大型顯示器中，有2個用來顯示氣象資訊，最新的氣象資訊會透過無線電，將文字、圖片及影像即時傳達給飛航人員。



航空交通氣象中心提供的氣象資訊又稱為ATM氣象資訊。該氣象中心會預測空域或機場的惡劣天候的開始及結束時間、羽田/成田機場的氣象，以及會影響飛航流量的現象，並將所有資訊匯整在一起，發布訊息以提起注意。

出處/《飛航氣象中心提供之氣象資訊》(飛航氣象中心)

## 1-4

science of  
air traffic  
control

## 航空管制員的工作為何？

### 讓飛機安全又有效率地飛航

全球的航空交通均以ICAO所制定的國際標準航空系統進行。各會員國分別針對各自負責的空域、FIR（飛航情報區）進行航空管制。此外，ICAO會將新世代航空的概念提案給各國，再由各國展開對策。日本的航空政策則由國土交通省航空局為首，進行規劃及施行。

#### ◆ ICAO 制定的航空管制目的

- 提升航空交通安全性
- 形成有效率的航空交通
- 擴大航空交通容量
- 形成有效率的航空保安系統
- 減輕飛行員及管制員的工作量

現今全球航空現場在航空旅客運輸及航空貨物運輸上，都預計會有顯著的增長。飛航目的地和使用方式也有各種變化。

ICAO 為了因應這種大幅度需要的增加以及多樣化的需求，呼籲各同盟國啟用 **CNS/ATM 系統**（Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management system）。

CNS/ATM 是**以航空衛星為主的新一代航空保安系統**，日本也已開始引進（參照 1-6）。航空管制員就在新舊系統混用的情況下執行任務。

# 1-5

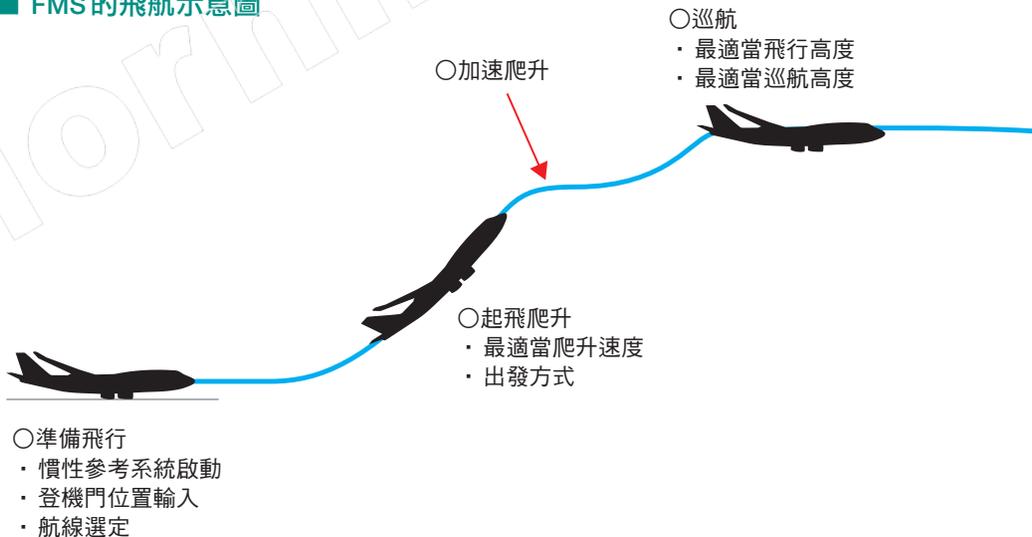
science of  
air traffic  
control

## 最重要的飛行管理系統為何？ 飛機最重要的裝備

現在，客機的飛行行程都按照出發前輸入的資訊進行，而飛機本身最重要的導航系統就是**FMS**（Flight Management System：飛航管理系統）。FMS是能自動執行飛行管理（從飛機起飛到降落為止的導航、操縱、推力調整、引導等）的系統，也是管理全體飛航的裝置。在波音767及A310以後開發的飛機，都有這項標準配備。

FMS的電腦裡輸入了導航數據庫，飛行員隨時能夠參考與FMS連線的**CDU**（Control Display Unit，控制顯示螢幕）導航數據。導航數據就是機場、跑道、停機坪、航路、航線、**ILS**（Instrument Landing System：儀器降落系統）、**VOR/DME**<sup>※</sup>

### ■ FMS的飛航示意圖

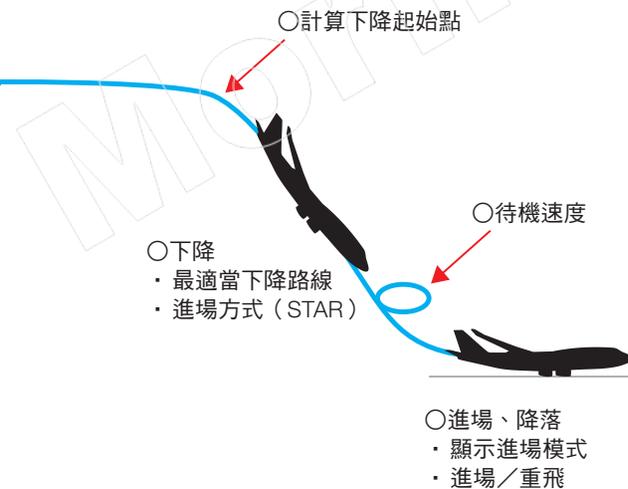


（特高頻多向導航台／測距儀）等助航設備、每個機場的出發／進入方式等相關的資訊。

出發時，只要依照飛行計畫輸入從起飛跑道的出發方式，以及到目的地之間的飛行路線，FMS就能顯示出水平面內的**L-NAV**（水平導航）、高度方向的**V-NAV**（垂直導航）等資訊，配合飛行路線，再參照電腦內留存的導航數據，就能夠自動引導飛行。引導飛行所必須的VOR/DME等系統也會自動選取判定。

導航數據在CDU上以文字呈現，同時電子飛行儀表系統會在**電子飛行儀表系統**（EFIS：Electronic Flight Instrument System）上以地圖標示，如此就能夠確切掌握飛機的位置關係。

此外，FMS系統也能夠完全對應下一節要說明的CNS/ATM。



FMS會根據輸入的數據飛行計畫，自動進行導航、操控以及決定推進力、引導管理。

出處／《航空實用手冊》日本航空公關部／編（朝日新聞社，2007年）

## 飛機如何通訊？ 從聲音通訊到數據通訊

飛機從起飛到降落，其飛行方式、飛行路線等與導航相關的訊息都由航空管制員提出指示及許可，並與飛行員互相溝通。到目前為止，航空管制員與飛行員之間的通訊，主要都是以聲音訊息傳遞。

但是現今有一種稱為**CNS/ATM的導航系統**登場，這是利用通訊衛星或數據通訊運作的新航空交通管制系統。

### ○ 通訊 (Communication)

MTSAT (多功能運輸衛星) 發射到高空軌道上。CNS/ATM 系統取代聲音通訊，使用這些**通訊衛星系統的數據**與**VHF** (極高頻)。

數據通訊是即時化的，並事先與內置的通訊模式自動對應，**管制員——駕駛員資料鏈結通信** (CPDLC) 實現了高信賴度的航空交通管制。透過這些，航空管制員與飛行員的負擔大為減輕，通訊時間也比聲音通訊時代更為縮短。此外，乘客也能透過機上的衛星電話，與地面的一般電話進行通話。

### ○ 導航 (Navigation)

CNS/ATM 系統中，FMS 會接收**GPS**<sup>※1</sup> (全球定位系統) 衛星所發送的GPS訊號，擁有能夠掌握正確位置的功能。使用GPS導航的又稱為**GNSS**<sup>※2</sup> (全球衛星導航系統)。

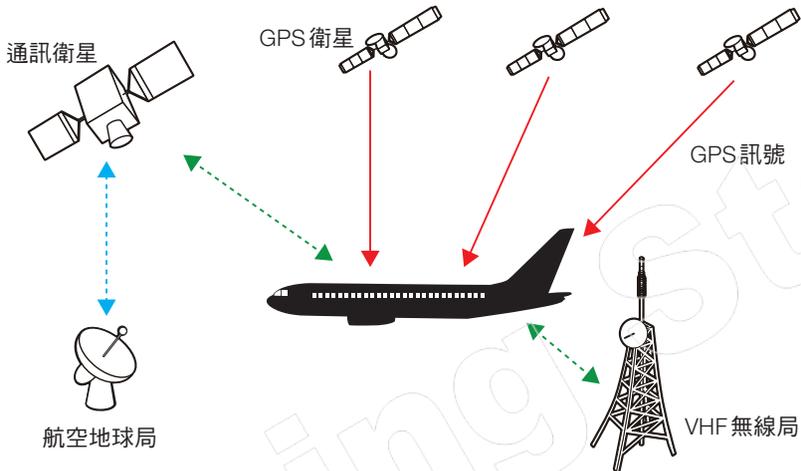
※1 Global Positioning

※2 Global Navigation Satellite System

## ○ 監視 (Surveillance)

CNS/ATM系統使用的是第1-3節介紹的**ADS**（自動回報監視）。

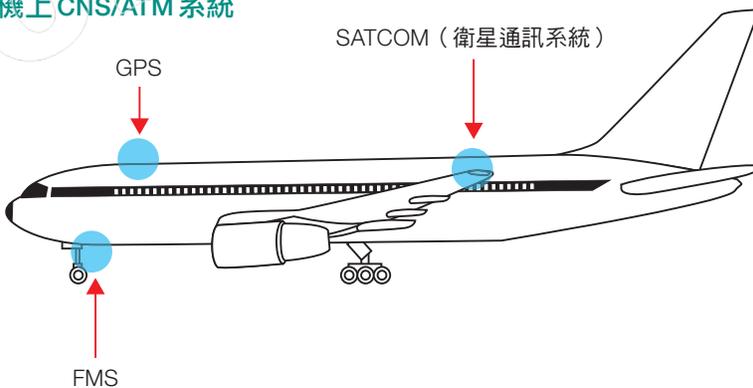
### ■ CNS/ATM 系統示意圖



CNS/ATM系統使用MTSAT或VHF通訊，透過從GPS接收到的位置訊息提供正確導航，並透過ADS系統進行監視。

出處／《航空實用手冊》日本航空公關部／編（朝日新聞社，2007年）

### ■ 機上CNS/ATM系統



使用CNS/ATM系統的飛機，均配備FMS、GPS、SATCOM（衛星通訊系統）。

出處／《航空實用手冊》日本航空公關部／編（朝日新聞社，2007年）

## 何謂航點？ 飛機通過的「關口」

飛機從機場起飛後，會經過機場管制進入航路。進入航路的飛機，會遵循事前決定好的航點飛行。航點在儀器進場程序中，又稱為定位點（Fix）。

飛行的起始點、通過點、終點及監管點等都以航點設定，大部分的航點都位於**VOR**（特高頻多向導航台）。於FIR（飛航情報區）內飛行的飛機，在沒有雷達管制的情況下通過通報執勤的航點上空時，就有義務要通報本機的註冊編號、無線電呼號、以及通過該地點的通過時間及高度、下一個預計通過地點及預計通過時刻等。

### 例 從成田機場到那霸機場之間飛行的飛機所通過的航點

**KOWA-LABEL-SHINODA-PROOP-AWAJI-KOCHI-SUSAKU-OKITSU-SHIMIZU-MADOG-HIROS-JAKY-QEEN-JOKER-NAKATANE-SEPIA-EMILY-AMAMI**

另外，國土交通省航空局所編輯的**航空路誌**（**AIP**：Aeronautical Information Publication，台灣稱作飛航指南）裡，有航路、助航設備、無線電頻率、以及儀器進場程序等，涵蓋了飛機飛行所需的各種面向規則及數據。由於這些訊息會不停更新改正，是飛行員必備的情報資訊。這些訊息也可以透過網路閱覽（<https://aisjapan.mlit.go.jp/>）。此外，自衛隊機用的《**航空路圖誌**》（**FIP**：Flight Information Publication）則由日本國防部發行。

## ■ 航路圖 (Enroute Chart)



標示飛行所必須的航空標示航點、VOR等、以及頻率、方位等的地圖。  
出處／AIP（國土交通省）

## 提高導航精確度的技術為何？ 總算能夠直線航行的理由

從起飛到降落，飛機在沒有路標、方向也沒有招牌的天空中到底是怎麼飛行的？

飛行員在飛航時仰賴的是**航空無線電助航設備**（aeronautical radio navigation aid），那是各種發送無線電來幫助飛航的設備。在航路上的航空無線電助航設備，有前述的**VOR**以及**DME**（測距儀）等數種。

VOR 會對覆蓋範圍內飛行於航路之上的飛機發射 VHF（特高頻），不斷顯示飛機與 VOR 的方位角。飛機藉此能夠正確掌握 VOR 的方向，一面追蹤 VOR，一面往目的地機場飛行。由於 VHF 的電波不會因為天候急遽變化而產生干擾，因此能夠預防飛機偏離航路。

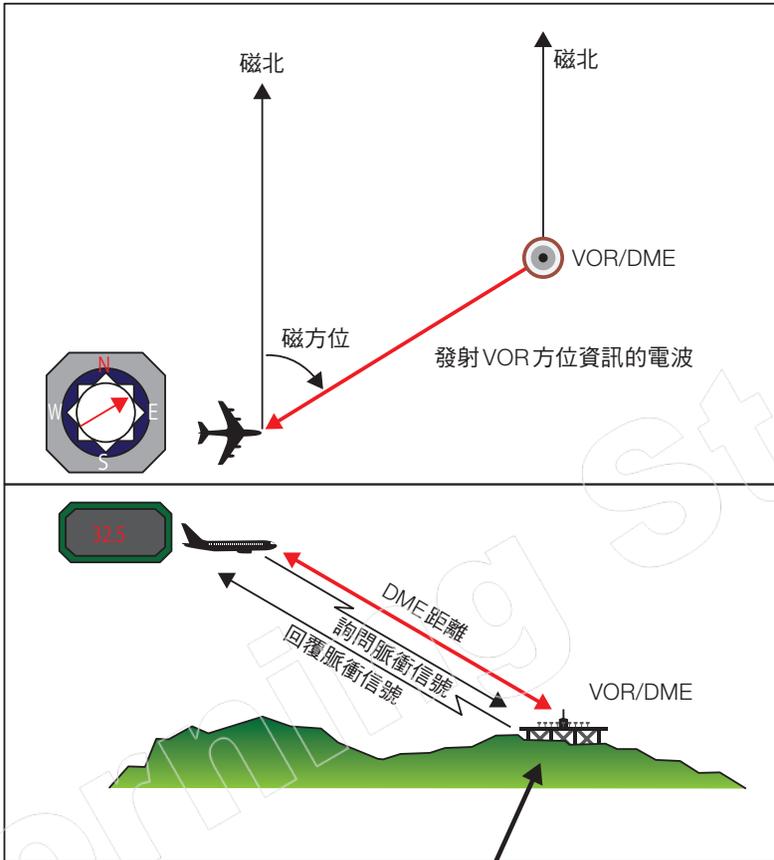
DME 系統是用來測量飛機與地面 DME 裝置之間的距離。先從飛機上發射詢問脈衝信號，再從接收端的 DME 發射回覆脈衝信號，並測量兩者接收訊息的往返時間，計算出飛機和 DME 設備之間的距離。通常 DME 會與 VOR 同時設置，讓 VOR 與飛機方位以及距離能夠正確顯示，這是相當重要的航空助航設備。

利用這種方式飛航的路徑，又稱為**VOR/DME 路線**。

### ○ 從 VOR/DME 路線到 RNAV（區域航行）路線

如上所述，飛機會將 VOR/DME 視為無線電塔台，然後沿著各塔台做出曲折的飛行路線，不過最近配備 FMS（飛行管理系

■ VOR/DME的機制



VOR/DME是無線電塔台。飛機藉由收發脈衝信號來交換訊息，並一面確認自機方位而飛行。

出處／國土交通省網站

統)或INS(慣性導航系統)的飛機增加,因此已經能夠運用這些裝置來飛航。

這類裝置就是**RNAV**(區域航行)。**RANV**裝置是利用GPS等系統測定本機位置,經過計算處理後便能靈活設定飛行路線等。具體而言,就是根據本機目的地、飛航狀態等數據,讓**FMS**設定出更有效率的良好航路,原則上只有在地面雷達覆蓋的區域能夠自動飛航。

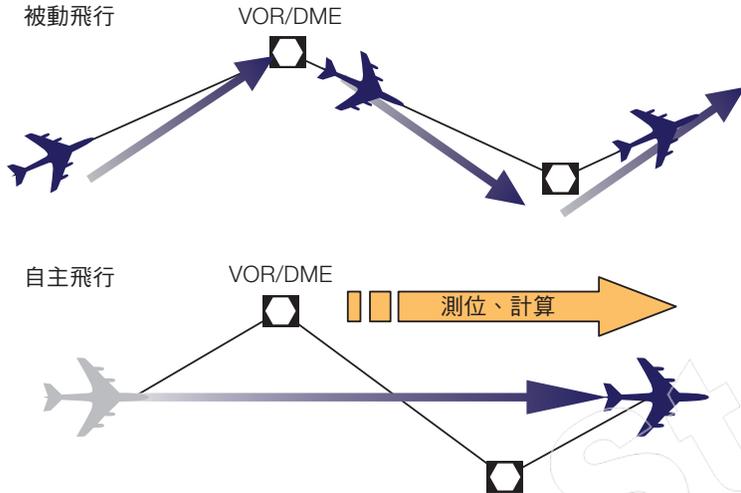
這樣的航行路徑就稱為**RNAV**路線。

無論在地面或機上,兩方都能夠掌握周圍的飛機、以及航路上的各種數據,其結果就是飛機彼此之間的時間能夠縮短10~20海浬。也因為時間縮短,變得能夠增加並行航路以及航班數量,擴大了飛航容量,且效率及安全性也大為提升。

像這樣透過「航空管制可視化」,就能夠實現高精確度的導航,讓飛機彼此前後左右的時間(機距)密度約成長4倍。透過這項改善,空中的尖峰時刻獲得紓解,也讓許多飛機能夠同時飛航,大幅縮短時間及降低燃料費用。

航空系統的新世代化一掃過去航空管制的空白地帶、雜訊以及中斷的現象,更達到縮短通訊時間的效果。管制員和飛行員的負擔變輕,也能夠實現高安全性的飛航,逐漸提升了飛航安全及旅客的便利性。

## ■ VOR/DME 導航與RNAV的差異



VOR/DME 導航是透過 VOR/DME 電波相互傳遞來確認本機位置，並結合 VOR/DME 產生曲折的飛行路線。RNAV 則是以 VOR/DME 或 GPS 訊號為基準，由本機自己測位、計算並主動飛行。

## ■ VOR/DME 導航 RNAV 的航線比較



RNAV 不須沿著 VOR/DME 的座落點飛行，因此能夠大幅縮短航線距離，節省燃料費。

## 如何監視飛機？

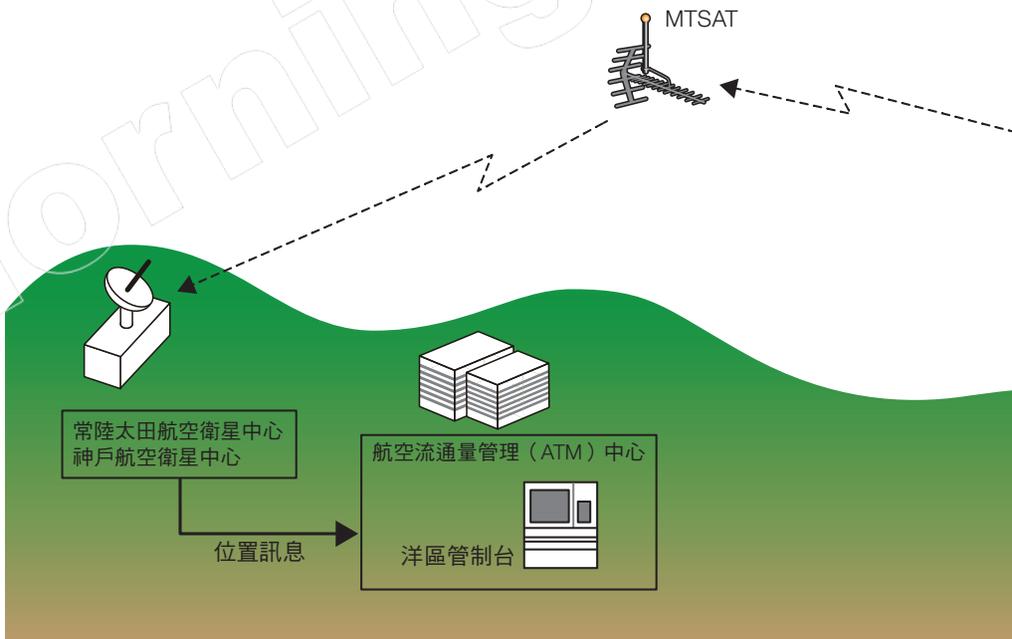
無論是國內飛航或洋區飛航，MTSAT都能顯示

日本國內所有飛機的飛航都使用覆蓋日本國土全區空域的雷達畫面來**監視**（Surveillance）。洋區飛行則會使用HF（高頻）接收飛行員以聲音所發出的定時位置通報，並加以監視。

但是現行的系統對電波的覆蓋區域以及容量皆有限制，由於無法處理今後20～25年間預計大幅增加的航空需求量，現行系統採用前述的**ADS**（自動回報監視）監視系統來進行洋區管制。

這套監視系統是透過使用GPS的**GNSS**（Global Navigation

### ■ ADS（自動回報監視）示意圖



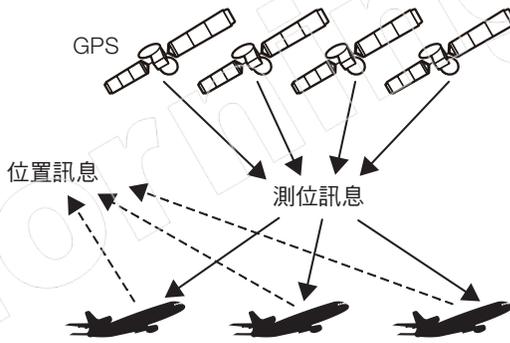
※ 飛機透過捕捉3個導航衛星（GNSS用軌道衛星）並測得與各衛星之間的距離，再利用第4個導航衛星所發送的訊號來做時間校正，以3次元來求得飛行位置的一種導航系統。

更多精采內容

Satellite System：全球導航衛星系統）\*系統，將飛機獲得的位置訊息傳送至MTSAT，地面的航空管制員接收到訊息後便能做出適當處理。航空管制員標記的時候會比對現有雷達標記，來確實監控飛行中的飛機位置。

ADS 能夠掌握現有雷達無法覆蓋範圍的飛行位置，因此能夠縮短管制間隔。此外，ADS 對洋區飛航也有充足的區域覆蓋能力及容量，因此洋區飛航監視也大有進步。

還有，有關航空事故的原因調查，也能夠取代過去使用飛行紀錄的方式，改用事故發生前的ADS數據資料。導航數據也是將飛機飛行的狀態傳送至地面，因此能夠掌握到事故發生前的狀態。



飛行中飛機的數據資料都會透過MTSAT系統傳遞至地面管制單位，實現於廣大區域中達到無死角的正確管制。