

# 飛航資料於飛安事件 之監控及分析應用

行政院飛航安全委員會

官文霖



2012飛安資訊交流研討會

## 簡報大綱

- 飛航紀錄器簡介
- FDM/FDA典型應用範例
- FDR/QAR紀錄參數常見議題
- 與穩定進場及落地有關之FDM監控參數
- 結論

2012飛安資訊交流研討會



2

## 背景

- 近年來，飛安會於飛航事故調查中發現若干飛航紀錄器相關缺失，及探討FDM於航空器衝出/偏出跑道風險之有效監控方向
- 100年度飛安業務座談會中，民航業者建議飛安會舉辦FDR/FOQA技術討論會，以技術交流方式找出潛在飛安風險
- NTSB於2009年Colgan航空 3407航班事故調查中發現：事前FAA雖已批准其FOQA計畫惟未實際運作；針對較小的航空業者FAA未掌握FOQA計畫的運作及QAR的安裝比例



3

2012飛安資訊交流研討會

## 背景

- **飛航資料監控(FDM)**:收集與分析飛航資料之技術及方法
- **飛航操作品質保證 (FOQA)系統**:屬美國FAA八項自願性安全計畫之一，用於飛航資料監控之標準化
- **飛航資料分析(FDA)**:ICAO Annex 6,航空器MOTW大於27噸者，應建立及維持一項飛航資料分析計畫，並作為失事預防及安全計畫的一部份.. (part1, ch3)

紀錄  
媒介



磁帶/MO光碟/PCMCIA/wireless ....

250 hr ~ 4,000 hr

金屬錫箔片/磁帶/固態晶片...

25 hr ~ 200 hr



4

2012飛安資訊交流研討會

## 飛航資料分析相關規範

- ◆ ICAO Annex 6, Part I & Part III
- ◆ ICAO Accident Prevention Program (DOC 9422)
- ◆ ICAO Safety Management Manual Doc 9859 V2
- ◆ ED-112 “Minimum Operational Performance Specification for Crash Protected Airborne Recorder Systems”
- ◆ FAA AC 20-141 “Airworthiness and Operational Approval of Digital Flight Data Recorder Systems”
- ◆ FAA AC120-82 “Flight Operational Quality Assurance”
- ◆ UK CAA- “CAP 739 Flight Data Monitoring”
- ◆ Australia- CASA Guidance on the Establishment of a Flight Data Analysis Program/ Safety Management Systems
- ◆ Airbus Flight Data Analysis Events List, Issue 2, 2011,05
- ◆ IATA/FSF relevant documents (FOQA, ALAR, RERR, RERT..)



5

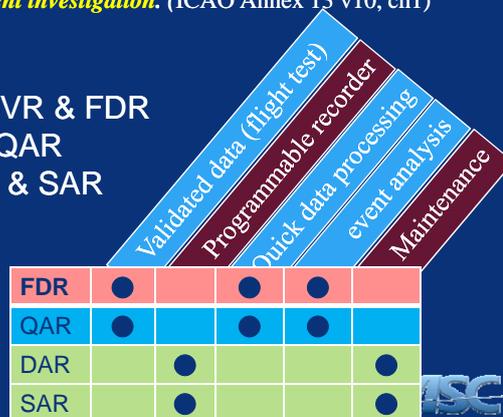
2012 飛安資訊交流研討會

## 民航機機載飛航紀錄器

- ◆ **Flight recorders:** Crash protected flight recorders comprise four systems: a flight data recorder (**FDR**), a cockpit voice recorder (**CVR**), an airborne image recorder (**AIR**) and a data link recorder (**DLR**). Image and data link information may be recorded on either the CVR or the FDR. (ICAO Annex 6 v9, ch6.3)
- ◆ **Flight recorder. Any type of recorder installed in the aircraft for the purpose of complementing accident/incident investigation.** (ICAO Annex 13 v10, ch1)

### ◆ For Airbus Fleets:

- ◆ Crash Protected- CVR & FDR
- ◆ FDM applications- QAR
- ◆ Customized – DAR & SAR
- ◆ A380 only –
  - ◆ SAR
  - ◆ VQAR
  - ◆ VDAR



6

2012 飛安資訊交流研討會

## 飛航紀錄器年檢及校準規範

- ◆ 飛航紀錄器:年檢(1年或3000飛時\*)及校準(5年)規範
- ◆ ICAO SARPs – Annex 6 Part 1, App 8
- ◆ ED-112
- ◆ CAA regulations
  - ◆ AU CASA – CAAP 42L-4(0), CAAP 42L-7(0)
  - ◆ FAA AC 20-141
  - ◆ TWN CAA – 07-02A & App 12
  - ◆ UK CAA – Spec. 10A
- ◆ AMM 23-70 & 31-31 & Relevant Technical Manuals
  - ◆ Include- Operational test, system test and ground test
  - ◆ i.e. 31-31-00-970-XX, check or evaluate the control surfaces deflection

固態式飛航紀錄器雖紀錄品質優良，惟年檢及校準規範不詳，易造成紀錄參數精度不足或存在偏差

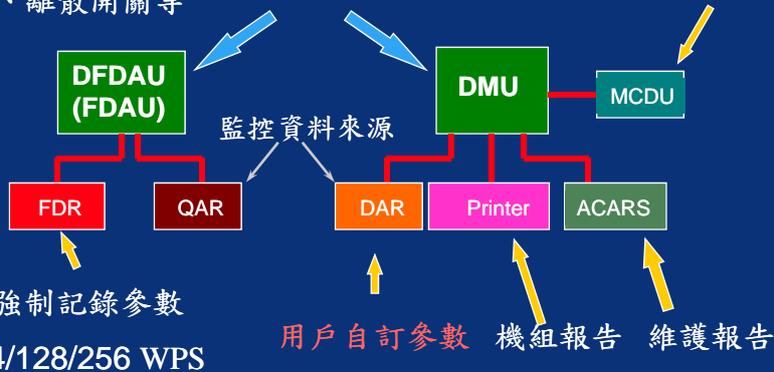
## 民航機機載飛航紀錄器

原始訊號 → 串列 → 擷取單元 → 紀錄裝置

資料來源

數位資料：ARINC 429匯流排

類比資料：DC 電流(比)、AC電流比、SYNCHRO、溫度、離散開關等



# FDR/QAR 紀錄參數斷秒議題

Sample	GMT	SYNC	Subframe	Altitude	Heading	Ground Spd
12813		0	1	346	91.9	511.8
12814		1	2	346	91.9	511.8
12815	31:63	2	3	346	91.9	511.8
12816		3	4	346	91.9	511.8
12817		0	1	346	91.9	511.8
12818		1	2	346	91.9	511.8
12819	31:63	2050	3	-996	91.9	511.8
12820	31:63	2050	3	2	91.9	511.8
12821		3	4	310	92.1	511.8
12822		0	1	310	92.1	511.8
12823		1	2	310	92.1	511.8
12824	31:63	2	3	312	92.1	511.8
12825		3	4	310	92.1	511.8

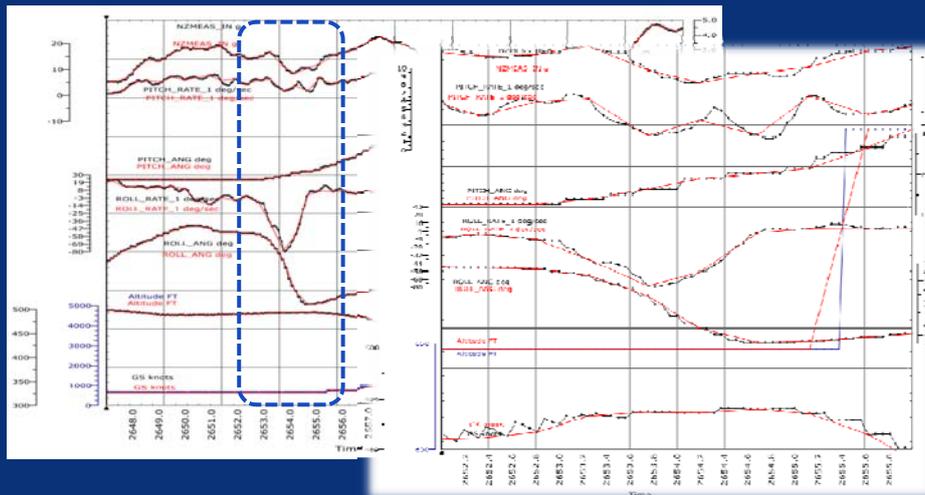
透過檢查同步字元順序，便於探討  
資料斷秒以及 GMT/UTC 時間跳秒 !!



9

2012 飛安資訊交流研討會

# FDR/QAR 參數 2 hz vs. 16 hz



10

2012 飛安資訊交流研討會

## 民航機載飛航紀錄器升級

FAR	JAR-OPS / Eurocae / EASA
FAR 121.344 (1991): 34	ED 55+ JAR-OPS 1.720 (1990): 32
FAR 121.344(e) (2000): 57	ED 55+ JAR-OPS 1.715 (1998): 42
FAR 121.344(f) (2002): 88	ED 112 +JAR-OPS 1.712 (2009): 78

6.3.1.2.3 All aeroplanes of a maximum certificated take-off mass of over 27 000 kg for which the individual certificate of airworthiness is first issued on or after 1 January 1989 shall be equipped with a **Type I FDR**. → 32項參數

6.3.1.2.11 All aeroplanes of a maximum certificated take-off mass of over 5 700 kg for which the individual certificate of airworthiness is first issued after 1 January 2005 shall be equipped with a **Type IA FDR**. → 78項參數

6.3.1.2.12 All aeroplanes which are required to record normal acceleration, lateral acceleration and longitudinal acceleration for which a type certificate is first issued on or after 1 January 2016 and which are required to be fitted with an FDR shall record those parameters at a maximum sampling and **recording interval of 0.0625 seconds**. → 16 Hz

6.3.1.2.13 All aeroplanes which are required to record pilot input and/or control surface position of primary controls (pitch, roll, yaw) for which a type certificate is first issued on or after 1 January 2016 and which are required to be fitted with an FDR shall record those parameters at a maximum sampling and **recording interval of 0.125 seconds**. → 8 Hz

(ICAO Annex 6 v9, ch6.3)



11

2012飛安資訊交流研討會

## FDR/QAR紀錄參數精度議題

Parameters	Annex 6 & ED-112	
3 Indicated airspeed or calibrated airspeed	1 kt / 1 kt	1 s / 1 s
26 DME 1 and 2 distance	1 NM / 1 NM	4 s / 4 s
31 Latitude/Longitude	--/0.002 deg	4 s / 4 s
33 Ground Speed	1 kt	1 s

	A320	A330	B738	B744	MD90
DME	1 NM	1 NM	0.25 NM	0.063NM	0.50NM
GSPD	1.0 kt	1.0 kt	0.5kt	0.25 kt	1.0 kt
Lat/Long. Pos	~0.00017 deg		~0.00069 deg	~0.00017 deg	/ same
				~0.00069 deg	

- ◆ DME精度不足，無法推算航跡左右偏移量且存在偏差(~300m)
- ◆ FMC/IRU經緯度精度不足，無法研判偏出跑道之軌跡
- ◆ 飛航軌跡積分精度受限於地速及偏流角之精度



12

2012飛安資訊交流研討會

# FDM/FDA 典型應用範例

■ FDM/FDA 資料分類：日常性、超限、意外事件、持續適航

■ 常見的超限事件例子：

- 各式警告(GPWS, TCAS, Stall, Engine Fire..)
- Limit speeds (VMO, MMO, Flap & Gear)
- Takeoff & Landing speeds, configurations
- Pitch & Roll Limits
- Unstable Approaches (late landing flap, high ROD..)



■ 意外事件例子：(詳CAA強制報告之飛安事件)

- 落地後燃油低於安全存量
- 與航空器操作有關之主要警告系統發生作用，且有操控困難者
- 空中防撞系統，發出「RA」警告組員採取避讓措施者
- 失火或排氣溫度超溫需更換發動機

■ 持續適航例子：

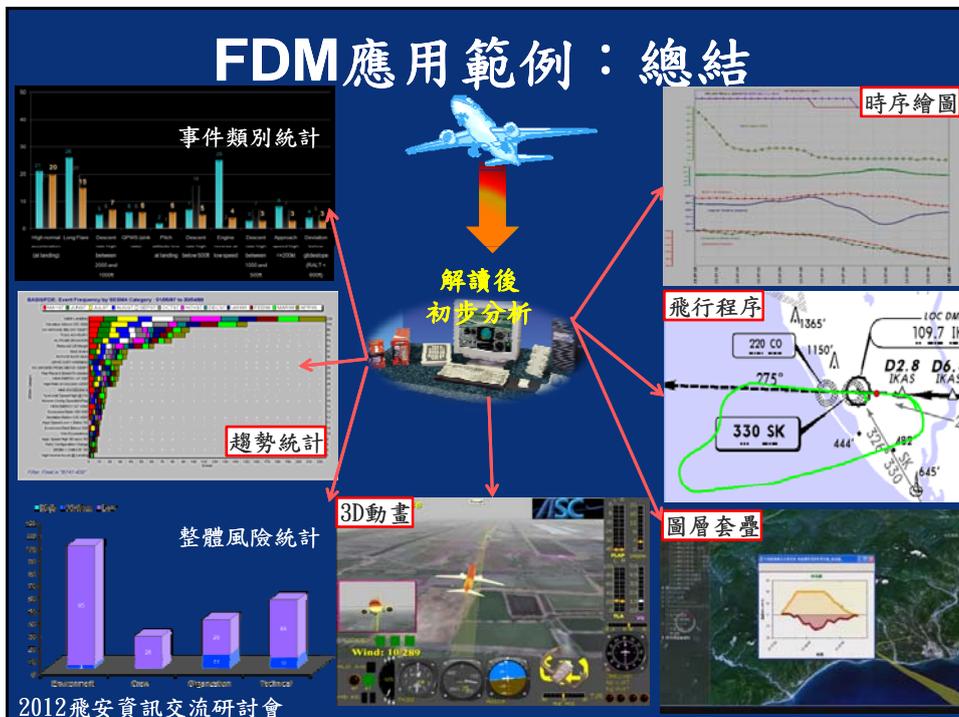
- 涉及日常性及超限資料，以研判某機隊或某航機之發動機參數
- 針對重複故障項目(CDL/MEL)，掌握QAR及CMC資料



13

2012 飛安資訊交流研討會

# FDM 應用範例：總結



2012 飛安資訊交流研討會

◆FDM events設定:客製化  
◆FDM events偵測:自動化  
◆Events 類別統計,可與風險管理接軌

### FDM應用範例：進場期間Events

Altitude (feet AAL) and RCD (fpm)  
CAS (knots)  
Time (seconds) Before Touchdown

22B event: High approach speed  
AAL 2500ft. > 180 kt

22C event: High Rate of Descent  
AAL 2000 ~ 1000 ft.  
> 1700 fpm

22B event: High Rate of Descent  
AAL 1000 ~ 40 ft.  
> 1200 fpm

某A330於進場期間所觸發之FDM events (2007)

系統化分析  
視覺化呈現  
趨勢化統計

FDM應用範例：趨勢分析與統計

FDM應用範例：起降航路Vs.搖電波

FDM應用範例：香港天文台研究

FDM應用範例：CAST 研究

2012飛安資訊交流研討會

ASC 15

## FDR/QAR紀錄參數常見議題

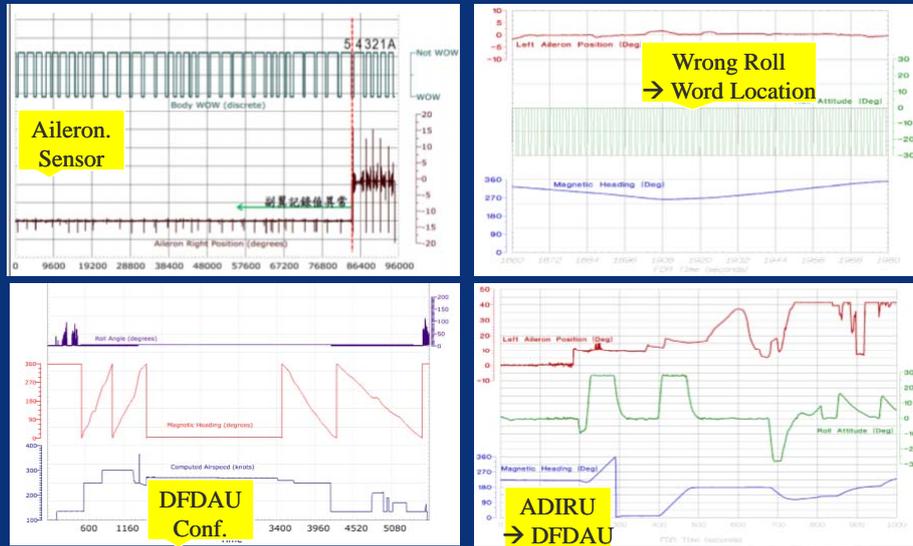
- 有人質疑某些紀錄參數準確度，無法獲得精確的飛航軌跡
- 相同的參數紀錄於FDR & QAR，同一秒內但數值不同？
- 航機偏離某航道或航點多遠？是否短五邊進場？
- 組員反應疑似遭遇風切或亂流，如何證實強度？
- 飛航軌跡，下降率，風向及風速可靠嗎？
- 航機是否重落地？航機著陸點？
- 某一時空點航機之TA/RA作動，如何確認遭遇過程？
- 航機地面滑行軌跡無法與Jeppesen Chart 套疊？
- 航機高速脫離某滑行道時，其與滑行道邊線的相對距離？

2012飛安資訊交流研討會

ASC 16

# FDR/QAR 紀錄參數精度議題

參數異常 (un-reliable)



2012 飛安資訊交流研討會

# FDR/QAR 紀錄參數精度議題

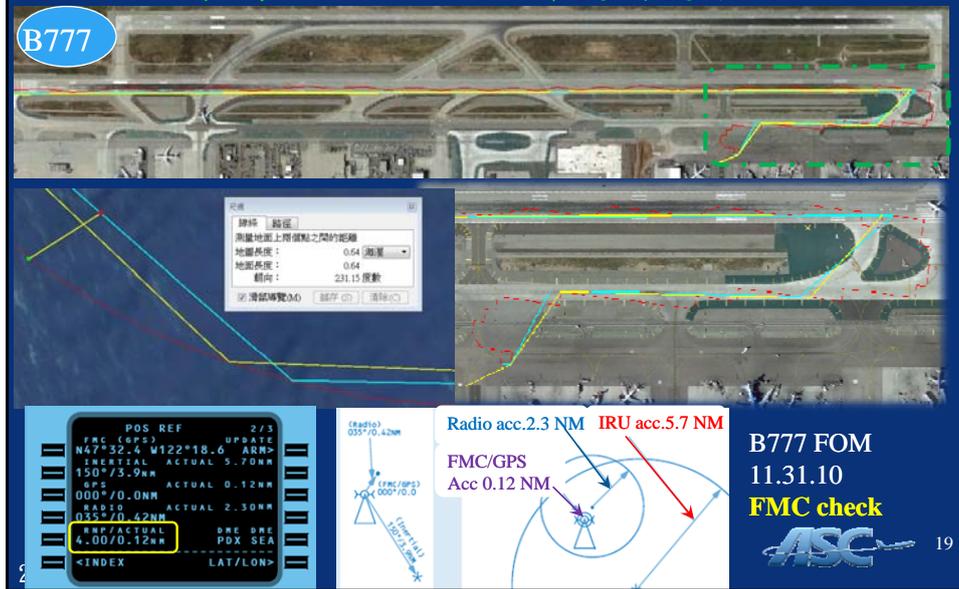
案例：FMC/IRU 經緯度精度不足



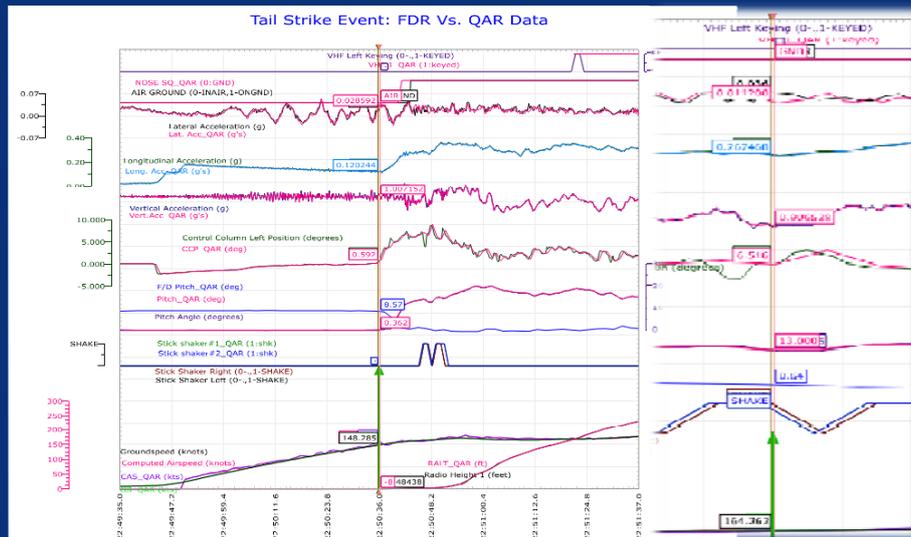
2012 飛安資訊交流研討會

# FDR/QAR 紀錄參數精度議題

案例：FMC/IRU 經緯度精度不足

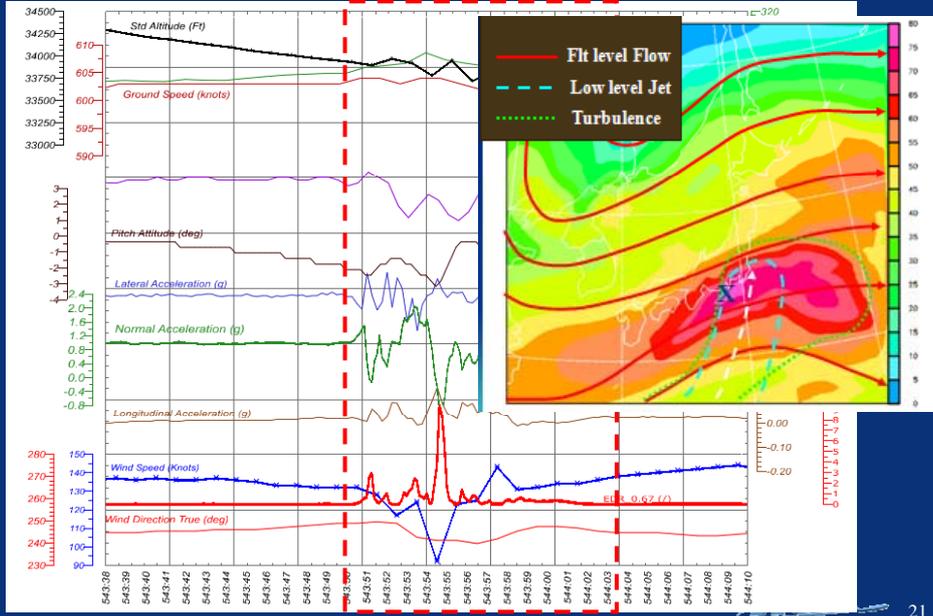


## 相同的參數紀錄於FDR & QAR，同一秒內但數值不同？



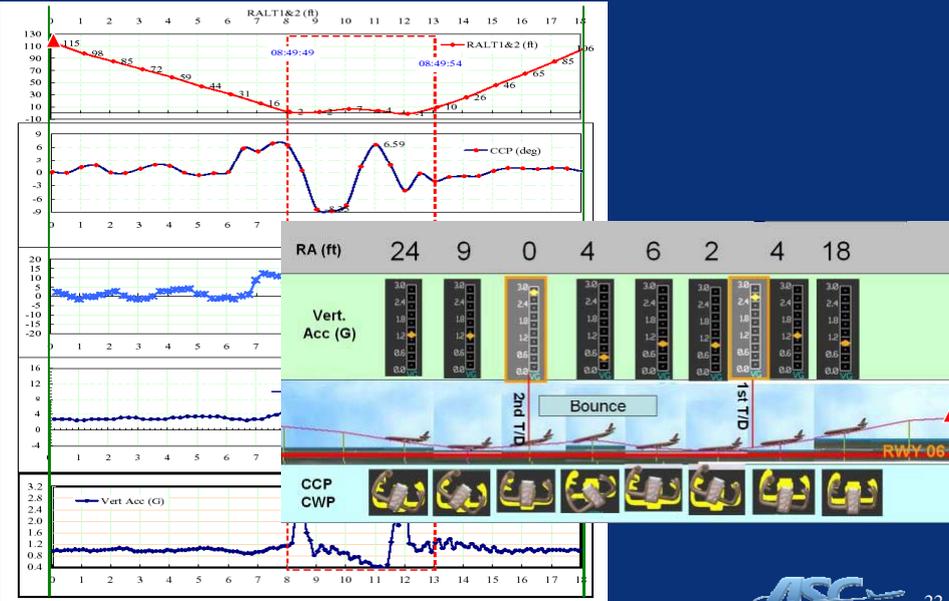
Data Map & Word Location Vs, Sampling Rate  
 FDR UTC=QAR UTC +2.242 s

## 組員反應疑似遭遇風切或亂流，如何證實強度？



2012飛安資訊交流研討會

## 航機是否重落地



2012飛安資訊交流研討會



## 著陸點與落地距離

■ 涉及起降期間之事件/事故，研判著陸點與落地距離係為資料分析的根本，風險識別的核心工作，亦是**穩定落地**的關鍵轉折點：

- AFM/FCOM (FAR OPS/JAR OPS): 1,000 ft ~ 1,200 ft
- Advisory data: 2,000 ~ 2,300 ft from threshold or 25 ~ 33 % of LDA
- Cathay Pacific "safety policy" → 1,500 ~ 2,000ft



Delta Connection 6448  
T/D 2,900ft



QF1 T/D 3,290 ft



AF358 T/D 3,800 ft

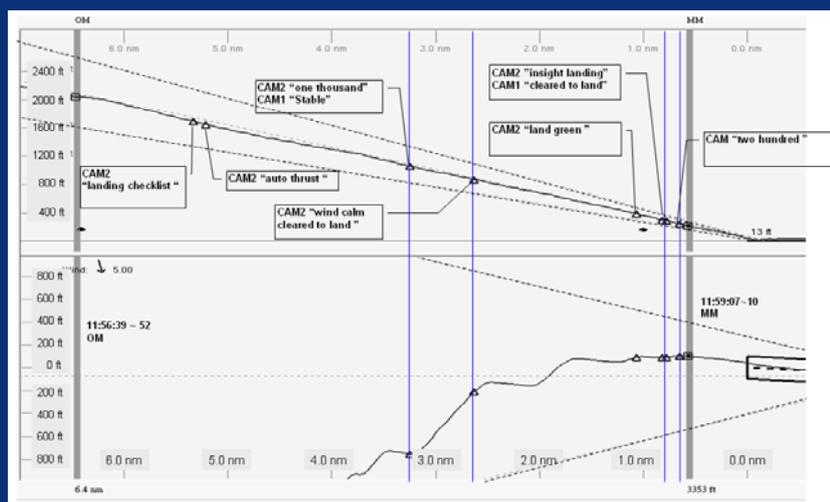


23

2012飛安資訊交流研討會

航機偏離某航道或航點多遠？是否短五邊進場？

## Stabilized ILS Approach



24

2012飛安資訊交流研討會

## 不穩定進場Vs.重落地(CZ3456/1997.05)

1997年5月8日,執行重慶至深圳3456航班  
 中國南方航空有限公司深圳分公司波音737-300型B2925號飛機,在著陸過程中失事。  
 機上載65人,死亡33人,空勤組9人,死亡2人。

PF本機種總飛時3482HR  
 PM本機種總飛時4158HR  
 RVR 1400 m → 1200m  
 中陣雨 W290/7m/s

### ■ 第1次進場(不穩定+彈跳落地)

- 約決斷高度60米“Glide Slope”警告  
 Vapp+14 kt, G/S dev. 1.56 dot
- 主輪及鼻輪同時觸地後彈跳3次後重飛。  
 俯角1.4度/Vs 558 fpm/  
 2.49g → 1.9g(RA 呎) → 2.54 g(RA 13呎)

■ 重飛期間,該機主警告持續作動

### ■ 第2次進場(主結構受損+操控系受損)

- 觸地狀態俯角7.6度/Vs2460 fpm  
 /CAS 227 kt → 解體+起火

深圳黃田機場



2012飛安資訊交流研討會

ASC 25

## FOQA Event Vs. Occurrence Data Low Pitch During Touchdown



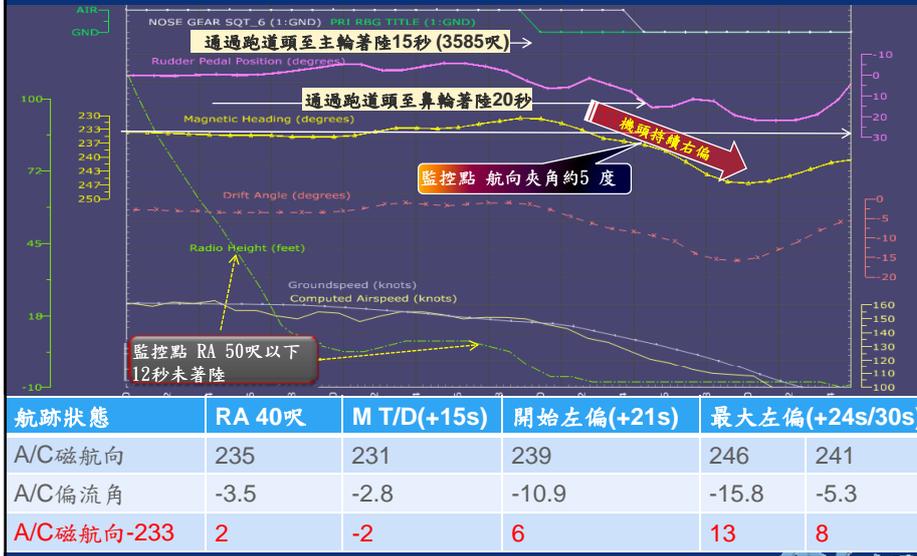
事故航班RA變化- 100呎至著陸10秒,  
 平均下降率9.8 呎/秒[588 fpm]

事故航班Pitch變化- 50呎至~ 10呎推桿  
 拉桿再推桿,致航機3輪同時觸地

2012飛安資訊交流研討會

ASC 26

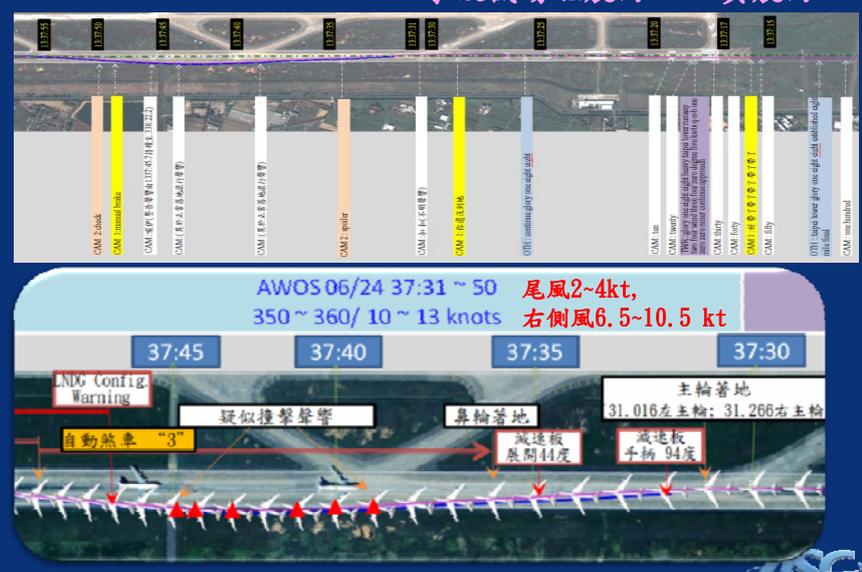
## 落地期間橫向偏移量與跑道夾角關係 B744 RV: RCTP RWY 24事故機場磁航向233 真航向229



2012飛安資訊交流研討會

27

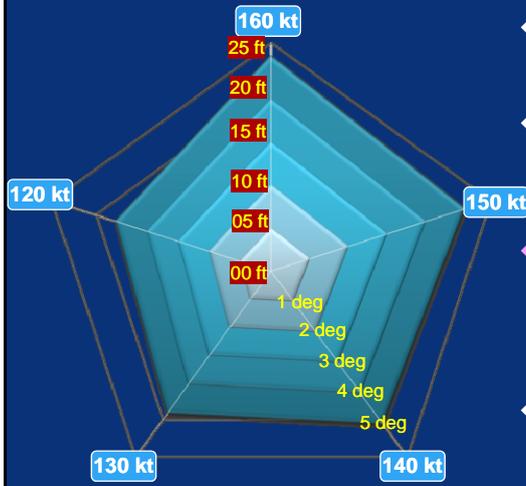
## 落地期間橫向偏移量與跑道夾角關係 B744 RV: RCTP RWY 24事故機場磁航向233 真航向229



2012飛安資訊交流研討會

28

## 落地期間橫向偏移量與跑道夾角關係



- ◆ 航機與跑道夾角5度，落地速度160 ~120 kt→1秒內橫向偏移量變化23.5 ~17.8呎
- ◆ 航機與跑道夾角3度，落地速度160 ~120 kt→1秒內橫向偏移量變化14.1 ~10.6呎
- ◆ 假設跑道寬度200呎，落地速度160 ~120 kt，與跑道夾角3-5度，則5秒未修正，其橫向偏移量介於118~53呎
- ◆ FDM/FOQA “**Heading Deviation at TKO/LND > 5 deg**”，忽略偏流角的效應

$$\Delta Y = V_{GS} \times \sin(\Delta\phi)$$

$$\Delta\phi = \psi_{RWY \text{ true heading}} - (\psi_{AC \text{ magnetic heading}} + \text{Drift Angle} + \text{mag. declination})$$



29

2012飛安資訊交流研討會

## 穩定進場

(FSF ALAR Toolkit, 2000)

- ◆ 穩定進場高度：IMC 1000 呎；VMC 500呎  
如無法達成立即重飛
- ◆ 穩定進場滿足以下所有條件：
  - ① 航機處於正確的飛航航徑
  - ② 保持正確的飛航航徑，只能微幅修正航向和俯仰姿態
  - ③ 航機空速度不高於Vref +20浬/時且不得低於Vref
  - ④ 航機處於落地外型
  - ⑤ 下降率低於1,000呎/分，如需高於1,000呎/分要先執行特別簡令
  - ⑥ 根據飛航操作手冊，選用適當的推力
  - ⑦ 執行SOP的所有簡令及檢查項目
  - ⑧ 如採用ILS進場時，確保下滑道(GP)及航向道(LOC)的偏移量小於 +/- 1 dot.
  - ⑨ 如有獨特的進場程序或異常情況，將會偏離上述穩定進場條件時，飛航組員需要特別簡令
- 目視進場- 航機於五邊500呎前得保持機翼水平
- 盤旋進場- 航機於五邊300呎前得保持機翼水平



30

2012飛安資訊交流研討會

## 穩定落地

### 觀念：

- ◆ 延續穩定進場的準則來操控航機
- ◆ 受穩定進場之準則影響，可視為獨立之風險區域

### 指引-穩定落地滿足以下所有條件：

- ◆ 航機落地前已獲得跑道情況及時資訊，並評估其影響；
- ◆ 航機通過跑道頭上空高度達 50呎±10呎 AGL ；
- ◆ 航機通過跑道頭上空空速不高於  $V_{ref} \sim V_{ref} + 10$  浬/時；
- ◆ 乾跑道，尾風低於10浬/時；濕滑或受污染跑道者，無尾風
- ◆ 航機著陸於著陸區內跑道中心線上，並迅速使用適當的減速裝備(煞車、擾流板、反推)
- ◆ 航機減速至80浬/時，跑道剩餘距離達2,000呎

Source: 2011 ICAO GRSS & 2011 NBAA RE Prevention Prj. (Jim BURIN/FSF)

2012 飛安資訊交流研討會



31

## 與穩定進場及落地有關之FOQA監控參數

### 穩定進場

- rpm (與高度有關)
- ◆ 進場空速： $V_{ref} +5 \sim +20$  kt
- ◆ 進場外型：slat/flap /LDG(與機型有關, 1000呎以前)
- ◆ 進場姿態：仰角(與機型有關)、坡度(30度→20度→10度隨RA變化)
- ◆ 如採用ILS進場時，確保下滑道(GP)及航向道(LOC)的偏移量小於 $\pm 1$  dot.

### 穩定落地

- 關)、坡度小於5度
- ◆ 跑道頭：RA dev.  $\pm 10 \sim 15$  ft, CAS  $V_{ref} 0 \sim +10$  kt
- ◆ 落地負載：1.3~1.6 g
- ◆ 長平飄：12~14 s (50 ft to MT/D)
- ◆ 長落地：2,000~ 2,500 ft (與機型有關)
- ◆ 航向偏移：小於5度 (50 ft ~ MT/D → GS 50 kt)

Some Operators may add extra-parameters:

ASY. Thrust , Pitch rate, Dual Control, short flare (3~ 5s)...

2012 飛安資訊交流研討會



32

## 與穩定進場有關之FOQA監控參數

(Source: Jay Pardee, FAA, 2011 ICAO GRSS, 高度1000呎以下)

Cat.	Event Type	Threshold
ILS	Above G/S	> 1 dot, 5 sec
	Below G/S	> 1 dot, 5 sec
	Loc Deviation	> 1 dot, 5 sec
CAS	High Speed	> Vref+20 kt, 3sec
	Low Speed	< Vref, 3 sec
ROD	High Descent Rate	> 1,000 fpm, 3 sec
Thrust	Low Thrust Descent	N1 < 35%, 5 sec
Conf.	Late Flap Extension	Any flap movement > 2 deg
	Late Gear Extension	Any gear movement
	Speed Brakes Deployed	Any deployment of speed brakes
Alt.	Unstable Pitch	Abs (pitch) > 15 deg, 3 sec; <b>STDEV(pitch rate) &gt; 1.25deg/s</b>
	Unstable Roll	Abs (roll) > 40 deg, 3 sec; <b>STDEV(roll rate) &gt; 3.5deg/s</b>
	Unstable Yaw	<b>STDEV(yaw rate) &gt; 1.25 deg/s</b>
GPWS	GPWS Alert	Any GPWS Alert

2012飛安資訊交流研討會

33

## 預防衝出(RV/RO)跑道事故之監控熱點

### ◆ 長平飄、長落地、橫向偏移監控參數

- ◆ 500呎至50呎之尾風與側風
- ◆ 500呎至地速50kt期間之橫向偏移[航向 Vs. Loc Dev.]
- ◆ 異常俯仰操控、大坡度、重落地、彈跳落地
- ◆ 50呎及主輪著陸空速
- ◆ 50呎至主輪及鼻輪著陸經歷時間
- ◆ 著陸點(Air Dist.)、落地距離 (Air Dist. + Gnd. Dist.)
- ◆ 不對稱或過大反推力、不對稱煞車
- ◆ 延遲或未用減速裝備(煞車、擾流板、反推)
- ◆ 煞車操控 (煞車踏板、煞車壓力、各主輪轉速)
- ◆ 橫向負載超限
- ◆ 高速落地滾行使用鼻輪轉向器 (nosewheel-steering tiller)
- ◆ 與減速裝備有關的液壓系統失效
- ◆ ....

2012飛安資訊交流研討會

ASC 34

## 結論

- ◆ 飛安事件與飛航事故調查之差別：不計成本、焦點研究、可以運用大量地空資料；但很難探究組織因素。
- ◆ 飛安部門/FDM team通常被視為無法獲利的單位；惟FDM 對消彌飛安風險確實具有極大貢獻。
- ◆ 高度自動化FDM系統確實可提升飛安事件的偵測及趨勢分析等效率；涉及航管或及天氣等事件仍有待人工分析及深度研究。
- ◆ 現今，投入有限的資源以監控特定飛安議題；未來，如能建立每機隊的個別風險指標及運行基準(base lines)，結合資料探勘方法、比對真實事故案例，檢視飛航訓練相關科目及修訂技術手冊，據此應可步入積極預防型的飛安管理。



35

## 參考資料



36

## 與穩定進場有關之監控參數(參考)

Event type	Criteria	Duration (sec)
1. SPD Dev. in App.	$\geq V_{ref} + 20$ or $\leq V_{ref}$ (1000 ft ~ 500ft); $\geq V_{ref} + 15$ or $\leq V_{ref}$ (500ft ~ 50 ft) $\geq V_{ref} + 10$ or $\leq V_{ref}$ (below 50 ft)	3
2. G/S Dev.	$ G/S  \geq 1.0 \text{ dot}$ (1000 ft ~ 500ft); $ G/S  \geq 0.75 \text{ dot}$ (500ft ~ 150 ft)	3
3. LOC Dev.	$ LOC  \geq 1.0 \text{ dot}$ (1000 ft ~ 500ft); $ LOC  \geq 0.75 \text{ dot}$ (500ft ~ 150 ft) $ LOC  \geq 0.50 \text{ dot}$ (below 150 ft)	3
4. HDG Dev.	$ A/C \text{ HDG} - \text{RWY HDG}  \geq 5 \text{ deg}$	3
5. High Decent Rate	$VSI \geq 1100 \text{ fpm}$ (1000 ft ~ 500ft); $VSI \geq 1000 \text{ fpm}$ (500ft ~ 50 ft); $VSI \geq 700 \text{ fpm}$ (500ft ~ 50 ft);	3
6. High Bank in App.	$ \text{Roll att.}  \geq 15 \text{ deg}$ (1000 ft ~ 400ft); $ \text{Roll att.}  \geq 10 \text{ deg}$ (400ft ~ 100ft) $ \text{Roll att.}  \geq 8 \text{ deg}$ (100 ~ 50 ft) $ \text{Roll att.}  \geq 5 \text{ deg}$ (below 50 ft)	
7. Delayed LDG down	< 1,000 ft	detected
8. GND SPL LEVER not armed		detected
9. GPWS alerts		detected
10. Wind Shear alert		detected

## 與落地後衝出跑道有關之監控參數(參考)

From Threshold to Touch down (RA 50 FT ~ T/D ~ GS 50 KTS)

Event type	Criteria	Duration (sec)
1. Alt. Dev. At 50 ft	Passed through RWY THR $\geq RA \pm 10$ ft	2
2. SPD DEV at 50ft	$V_{app} \geq V_{ref} + 10$ , $V_{app} \leq V_{ref}$	2
3. SPD high at T/D	$VT/D \geq V_{app}$	detected
4. High tail wind	$VGS - VTAS \geq 8 \text{ kts}$ (AFM limits 10 kts)	2
5. Dual Control	Dual Pitch and roll control	2
6. High Pitch & rate	$ PTH  \geq xx$ (A/C type related); $ PR  \geq 3 \text{ deg/sec}$	2
7. Long Flare Time	$RA 50 \text{ FT} - M T/D \geq 12 \sim 14 \text{ sec}$ (A/C type related)	detected
8. Long T/D POINT	$RA 50 \text{ FT} - M T/D \geq 1,500 \sim 2,500 \text{ ft}$ (A/C type related)	
9. Hard Larding or bounce landing	$V_g \geq 1.7g$ or $V_g \leq 0.8g$	* 2 samples
10. Delayed deceleration	$M T/D \rightarrow N T/D > 3 \text{ sec}$ $M T/D \rightarrow T/R \text{ DEP } 5 \sim 10 \text{ sec}$ $M T/D \rightarrow SPLs \text{ DEP } > 3 \text{ sec}$	detected
11. Abnormal deceleration	a. Long. Acc $\geq -0.35g$ ; or Long. Acc $\leq -0.15g$ b. ASY. Spoilers or Spoilers not DEP. c. ASY. T/R or No T/R ( $\Delta N1 > 10\%$ or $EPR > 0.15$ )	* 4 samples
12. Abnormal Braking	a. After 3 sec of M T/D, Wheel Speed < 100 kts b. Brake pressures fluctuation c. Hydraulic failure related to brakes	2~4 TBD detected

## 與落地後偏出跑道有關之監控參數(參考)

### From Threshold to Touch down (RA 50 FT ~ M T/D)

Event type	Criteria	Duration (sec)
1. Lat. Dev.	LOC $\geq$ 0.5 ~0.75 dot (depends on RWY Length & Width)	2
2. HDG Dev.	A/C HDG – RWY HDG  $\geq$ 5 deg	2
3. High Pitch	PTH  $\geq$ xx (A/C type related);  PR  $\geq$ 3 deg/sec	
4. High bank att.	Roll att.  $\geq$ 5 deg	2
5. High CRS wind	IRS /METAR → cross wind $\geq$ 15 kts (A/C type related)	2
6. High tail wind	VGS-VTAS $\geq$ 8 kts (AFM limits 10 kts)	2
7. Dual Control	Dual Pitch and roll control (if recorded)!	2

### From Touch down to GS 50 KTS ( M T/D ~ GS 50 KTS)

Event type	Criteria	Duration (sec)
1. Lat. Dev.	LOC $\geq$ 0.50 dot (DEV. 35 ~ 70 ft, btw 8000 ~ 4000 ft)	2
2. HDG Dev.	A/C HDG – RWY HDG  $\geq$ 5 deg	2
3. High Lateral Operation	drift angle  $\geq$ 10 deg or  Rudd Pedal  $\geq$ 15 deg Or  lat. acceleration  $\geq$ 0.2 g (4 samples)	2
4. Asy. T/R	EPR1-EPR 2  >0.1 or  N11-N12  > 10%	2
5. Asy. Spoilers	Asymmetric left & right –Spoilers or not deployed	2
6. Nose Tiller	GS >40 kt, nosewheel-steering tiller operation	2
7. Lateral Acc	acc. Ay  $\geq$ 0.35 g	2 samples