

航空事故調査委員会が行った建議

航空事故調査委員会は、本事故等に鑑み、以下のとおり運輸大臣に建議した。
なお、添付資料は、本報告においては省略した。

(1) 平成9年9月5日付け 建議第10号

日本航空株式会社所属ダグラス式MD-11型JA8580の
航空事故に係る建議について (建議第10号)

標記について、航空事故調査委員会設置法第22条の規定に基づき、
下記のとおり建議する。

記

平成9年6月8日志摩半島上空において発生した標記の航空事故については、気象、機体特性、操縦を含め、考えられる全ての原因について調査・解析を行っているところであるが、現在までの調査の結果、機体ピッチが反復して大きく上下に変動したのは、自動操縦装置が切れた後、操縦士が反復して操舵を行った結果、いわゆるPIO (Pilot Induced Oscillation) に陥ったことが関与した可能性が考えられる。

このようなことに起因する事故が再発することのないよう早急に対策をとる必要がある。

(2) 平成11年3月5日付け 建議第13号

運航中の航空機におけるシート・ベルト常時着用の促進に関する
建議について (建議第13号)

標記について、航空事故調査委員会設置法第22条の規定に基づき、
下記のとおり建議する。

記

航空機が運航中に動揺した場合に搭乗者の安全を確保するためには、シート・ベルトの着用が不可欠であると考えられる。

航空機が運航中に動揺する要因としては、乱気流との遭遇等が考えられる。乱気流が関係した定期航空運送事業の用に供する航空機の事故であって、当委員会が報告書を公表したものは、過去10年間に11件に達している。

このほかに、平成9年12月28日に太平洋の公海上で発生したユナイテッド航空826便の事故（アメリカ合衆国が調査実施国として調査を実施中）、平成9年6月8日、志摩半島上空で発生した日本航空706便の事故（当委員会で調査中）においても、機体が動揺した際にシート・ベルトを着用していなかったことが、搭乗者が重傷を負ったことに関与した可能性が考えられる。

一方、航空機の動揺は、不意に発生し、その発生を事前に予測できない場合もある。

従って、シート・ベルトを着用していないことが関与要因となる事故の防止を徹底するため、国内の航空運送事業者に対し、運航中の航空機におけるシート・ベルト常時着用が定着するよう所要の措置について検討を行わせる必要がある。

添付資料：過去10年間に発生した乱気流事故（調査中の事故は除く。）

本事故後に運輸省航空局が講じた主要な措置

航空事故調査委員会の建議（平成9年9月5日付建議第10号）を受け、航空局は、日本航空株式会社及び他の国内の定期航空運送事業者7社並びに国際不定期航空運送事業者1社に対し、平成9年9月8日付け技術部長通達「空航第693号」により、運航するすべての型式の航空機の自動操縦装置の特性についての教育訓練の見直しとその充実を図り、その結果について速やかに報告するよう求めた。

また、航空局は、国内の定期航空運送事業者9社並びに国際不定期航空運送事業者2社に対し、平成10年10月16日付け運航課長通達「空航第809号」により、出発前及び飛行中の気象情報の十分な把握並びに座席ベルトを着用することにより飛行中における乗客・乗務員の安全確保を期するよう通達した。

さらに、航空局は、建議第13号を受け、（財）航空輸送技術研究センターの協力を得て研究委員会を設置し、航空機のシート・ベルト常時着用の促進等に関する所要の検討を行うこととした。

本事故後に製造会社及び運航会社により講じられた主要な措置等

標記については、以下のとおりである。

1 マクドネル・ダグラス社

マクドネル・ダグラス社の対応は、当初は、シビア・タービュランス時に、自動操縦装置をマニュアル・オーバーライドしてはならないこと等の注意を喚起するものであったが、その後、シビア・タービュランス時という条件を外し、高高度ではピッチ操作力が軽くなることや、自動操縦装置がオーバーライドによりディスコネクトし、機体が動揺した場合には、操舵力を緩めること等についても、FCOMの記述の厳格化等を図るとともに、シミュレーター訓練の改善やビデオ教材の充実も図っている。

以下は、本事故後マクドネル・ダグラス社（現ボーイング社）が講じた進行中のものも含む主要な措置である。

平成9年6月 FAA/ATA/DAC 乱気流に関する訓練教材発行

平成9年6月25日 FCOMの 臨時改訂2-767 発行（別添12参照）

「CAUTION」として「操縦桿に手動による入力を加えることで自動操縦装置をディスエンゲージしてはならない。・・・」という注意喚起を行った。

平成9年8月29日 FCOM臨時改訂2-784 発行（別添12参照）

臨時改訂2-767に代わるもので、AFS（Automatic Flight System）に係わる部分において、自動操縦装置ディスエンゲージ時に操縦桿に力が加えられていると、機体が不意な応答をすることについて、それまで「CAUTION」であったものを「WARNING」に変更し、内容も改定した。

平成9年12月2日 FCOM臨時改訂2-826 発行（別添12参照）

臨時改訂2-784等に代わるもので、AFSに係わる部分において、自動操縦装置ディスエンゲージ時にコントロール・コラムに力が加えられていると、機体が不意な応答をすること、そうした場合に、操縦桿から手を放して（操縦桿をリリースして）機体の動揺を落ち着かせる等の内容を追加した。

平成9年12月2日 FCOM臨時改訂2-827 発行

シビア・タービュランス時の関連記述をAFSに係わる部

分の記述と整合するようにした。

平成10年2月16日 FCOM臨時改訂2-831発行

FCOM臨時改訂2-827と変更内容は同じ。

進行中 MD-11型機の高空操縦特性と動揺（UPSET）からの回復手法に関するビデオ教材の開発

進行中 MD-11型機の高空操縦特性と動揺（UPSET）からの回復手法に関し、モーション・ベース・シミュレーターによる訓練の設定

2 日本航空株式会社

本事故後、日本航空株式会社が講じた主要な措置は、以下のとおりである。

平成9年6月9日 客室本部長通達「タービュランス事故の再発防止について」を発行

平成9年6月19日 OPERATIONS INFORMATION MD-11-73を発行し、「オート・パイロット ディスエンゲージ時のピッチ・コントロールの注意点」について、社内に周知

平成9年8月8日 AIRCRAFT OPERATING MANUAL BULLETIN No.68 を発行
「4-7 AUTOMATIC FLIGHT」を一部改訂し、コントロール・コラムにマニュアル操舵力をかけてオート・パイロットをディスエンゲージしてはならないこと、及びオート・パイロットがディスエンゲージした時にコントロール・コラムに力がかけられていると、機体が急激に反応することがあるという「CAUTION」の追加等を行った。

平成9年9月10日 operations news NO.486-(OYZ) を発行し、航空事故調査委員会による調査の経過報告及び建議の概要を全運航乗務員に周知

平成9年9月11日 全機種の乗員を対象に operations news NO.485(OEZ)を発行し、「オート・パイロット使用中にコラム／ホイールを操作した場合の影響について」を社内に周知

平成9年9月11日 MD-11運航乗員部長通達を発行し、航空事故調査委員会による調査の経過報告及びオート・パイロットがディスエンゲージした時のピッチ・コントロール上の注意点について、MD-11型機の運航乗務員に周知

平成9年9月17日 AIRCRAFT OPERATING MANUAL BULLETIN No.70を発行
AIRCRAFT OPERATING MANUAL BULLETIN No.68を廃止し、オ

ート・パイロットをオーバーライドしてはならないこと、オート・パイロットがディスコネクトした時にコントロール・コラム／ホイールに力がかけられていると、機体が急激に反応すること等を「WARNING」とした。（FCOM臨時改訂2-784に基づく改訂）

平成9年9月22日 平成9年9月8日付け航空局技術部長通達「空航第693号」により自社のすべての型式の航空機の自動操縦装置の特性について教育訓練の見直し・充実を図るよう要請された件に関し、進捗状況を航空局技術部長に報告

平成9年10月 アドバンスド・トレーニングを導入（異常姿勢からの回復方法等について、充実を図った。）

平成9年10月24日 「タービュランスによる負傷を防止するためのQ&A」発行（運航本部、客室本部及び安全推進本部連名）

その中に、シート・ベルト・サイン点灯に対応できるようにするための客室内の片付けに要する時間の見積もりについての問いに対し、「状況にもよるが、ギャレー内の危険物の収納や客室のサービス中のカート類を適宜収納するのには5分程度かかる。」等の答を記載

平成9年11月1日 「CABIN ATTENDANT MANUAL」を改訂

ベルト・サインの判断について、次のとおり改訂するとともに、サインへの対応の仕方についても明文化した。

- (1) 10,000フィートのコールとほぼ同時、またはそれ以降に点灯したベルト・サインは別途指示がない限り「着陸のためのサイン」と判断する。
- (2) 10,000フィートのコール以前に点灯したベルト・サインは「揺れに対する警告のサイン」と判断する。

平成9年12月26日 平成9年9月8日付け航空局技術部長通達「空航第693号」により自社のすべての型式の航空機の自動操縦装置の特性について教育訓練の見直し・充実を図るよう要請された件に関し、進捗状況を航空局技術部長に報告

平成10年1月16日 OPERATIONS INFORMATION MD-11-79を発行し、「MD-11のピッチ軸の操縦安定特性について」を社内へ通知

平成10年2月13日 OPERATIONS INFORMATION MD-11-81を発行し、「オーバースピード（ V_{MO}/M_{MO} ）への対応」についてMD-11型機の全運航乗務員に周知。

なお、他機種についても同様の OPERATION INFORMATIONを
発行

平成10年3月4日 AIRCRAFT OPERATING MANUAL BULLETIN No.75を発行

「4-7 AUTOMATIC FLIGHT」を一部改訂し、オート・パイロットをエンゲージ中に決してコントロール・コラム／ホイールに力をかけてはならないこと、オート・パイロットがディスコネクトし、機体が急激反応した場合に姿勢を安定させる方法等に関し、「WARNING」等の内容の充実を図った。
(FCOM臨時改訂2-826に基づく改訂)

平成10年4月 自動操縦装置がエンゲージされた状態でマニュアル操作がなされた場合の影響について、ビデオ教材を作成し、定期訓練の場で活用を開始

平成10年4月14日 平成9年9月8日付け航空局技術部長通達「空航第693号」により自社のすべての型式の航空機の自動操縦装置の特性について教育訓練の見直し・充実を図るよう要請された件に関し、進捗状況を航空局技術部長に報告

なお、マクドネル・ダグラス社が発行したFCOM臨時改訂2-827については、日本航空（株）には不適用である。また、FCOM臨時改訂2-831に基づくAOMの改訂は、平成10年6月17日付で行われている。

アメリカ合衆国国家運輸安全委員会 (NTSB) の安全勧告



National Transportation Safety Board

Washington, D.C. 20594

Safety Recommendation

Date: MAY 25 1999

In reply refer to: A-99-39 through -44

Honorable Jane F. Garvey
Administrator
Federal Aviation Administration
Washington, D.C. 20591

On July 13, 1996, at 2040 eastern daylight time, a McDonnell Douglas¹ MD-11, N1768D, operated by American Airlines as flight 107, experienced an in-flight upset near Westerly, Rhode Island.² One passenger received serious injuries, and one passenger and two flight attendants received minor injuries. The airplane was not damaged. Flight 107 was being conducted under the provisions of 14 Code of Federal Regulations (CFR) Part 121 as an international scheduled passenger service flight from London, England, to John F. Kennedy International Airport in Jamaica, New York.

On June 8, 1997, at 1948 Japan standard time, another MD-11, JA8580, operated by Japan Airlines as flight 706, experienced an in-flight upset near Nagoya, Japan. One flight attendant³ and three passengers received serious injuries, and four flight attendants and five passengers received minor injuries. The airplane was not damaged. Flight 706 was being conducted as a scheduled passenger flight from Hong Kong to Nagoya, Japan. The National Transportation Safety Board is participating in the Japanese Aircraft Accident Investigation Committee's (AAIC) investigation of the accident.

Investigations into these accidents revealed that both upsets occurred when flight crewmembers made manual flight control inputs while the autopilot system was engaged. The accidents raise concerns about the warning information and training provided to MD-11 pilots regarding proper use of the autopilot system that the Federal Aviation Administration should address.

¹ McDonnell Douglas is now known as Boeing, Douglas Products Division (DPD).

² For more information, see Brief of Accident NYC96LA148 (enclosed).

³ The seriously injured flight attendant died from her injuries in February 1999. However, the International Civil Aviation Organization states that an injury must result in death within 30 days of an accident to be classified as fatal.

The MD-11 is equipped with an automatic flight system that includes two flight control computers with integrated autopilots. Each autopilot is capable of automatically controlling the airplane in various vertical and lateral modes. Autopilot controls, located on the flight control panel, include the AUTO FLIGHT switch, which is used to engage the autopilot, and the pitch wheel, which can be used to adjust the airplane's rate of descent. The autopilot can be disconnected by pressing the autopilot disconnect switch on the flight control yoke.

According to Boeing DPD, the MD-11 autopilot cannot respond correctly when manual flight control inputs are made; therefore, pilots should never make control inputs when the autopilot is engaged. If control inputs are made when the autopilot is engaged, there will be a sudden and abrupt movement of some flight control surfaces and an associated but unpredictable aircraft response when the autopilot disengages.

When American Airlines flight 107 was cleared to descend to 24,000 feet, the first officer initiated a descent via the autopilot. With approximately 1,000 feet left in the descent, the captain became concerned that the airplane might not level off at the assigned altitude and instructed the first officer to slow the rate of descent. The first officer adjusted the pitch thumbwheel on the autopilot control panel; however, this maneuver proved ineffective. The captain then took manual control of the airplane, began applying back pressure to the control column, then disconnected the autopilot. Flight data recorder (FDR) data show that the airplane experienced an immediate 2.3 G pitch upset followed by additional oscillations, resulting in the injuries.

Although the Japanese AAIC's final report of the investigation into the Japan Airlines flight 706 in-flight upset has not yet been published, the Safety Board understands that when the airplane was cleared to descend from cruise altitude, the captain initiated a descent via the autopilot. During the descent, the captain stated that he believed the airplane was going to accelerate beyond the maximum operating airspeed. The captain took manual control of the airplane and began applying back pressure to the control column while the autopilot system was still engaged. As the captain's input force increased to about 50 pounds, the autopilot disconnected,⁴ and FDR data show that the airplane responded abruptly to the captain's accumulated input force. The airplane experienced a series of pitch oscillations, ranging from +2.78 to -0.5 G, resulting in the injuries.

After the American Airlines upset, the Safety Board researched the information provided to MD-11 pilots about disengaging the autopilot before making manual control inputs. A reference was found in the McDonnell Douglas MD-11 Flight Crew Operating Manual (FCOM) under the heading "Severe Turbulence and/or Heavy Rain Ingestion," which stated

⁴ The autopilot disconnected because of the activation of a feature known as the Autopilot Elevator Command Response Monitor. This monitor will disconnect the autopilot automatically when the position of the elevator differs from the autopilot commanded position. According to Boeing DPD, this can occur when a crewmember applies enough force to the control column to cause the elevator to deflect away from its autopilot commanded position.

Do not attempt to overpower the autopilot with control forces. This can cause the autopilot to disengage with too much control input, which could result in over control during recovery. Every attempt should be made not to over control.

Safety Board staff questioned Boeing DPD about whether this warning should apply to all flight conditions in which the autopilot may be used, not just conditions of severe turbulence and/or heavy rain ingestion. Following these discussions, the company issued MD-11 FCOM Temporary Revision 2-826, dated December 2, 1997, which contained the following warning in the "Automatic Flight System, General Overview" section:

Applying force to the control wheel or column while the autopilot is still engaged has resulted in autopilot disconnects and subsequent abrupt aircraft maneuvers. The pilot should never apply force to the control wheel or column while the autopilot is engaged. If the pilot is not satisfied with the autopilot performance, or is unsure that it is operating correctly, it should be immediately disconnected by using one of the autopilot disconnect switches.

The wording of this warning is appropriate; however, the Safety Board is concerned that, because many MD-11 operators use their own company flight manuals (CFM), which may not reflect the information in the McDonnell Douglas MD-11 FCOM, some pilots may not be aware of this warning. Placing the warning in the FAA-approved MD-11 Airplane Flight Manual (AFM), which is required for each airplane delivered, and requiring operators to include the warning in their CFMs will ensure that all pilots are made aware of this safety hazard. Therefore, the Safety Board believes that the FAA should require Boeing to revise the MD-11 AFM and all MD-11 operators to revise their CFMs to ensure that pilots are warned about the hazards of applying force to the control wheel or column while the autopilot is engaged.

Pitch upsets may be more severe in the MD-11 than in other airplanes because the control column forces needed for manual control of the MD-11 in cruise flight can be much lighter than those that pilots might have previously encountered in other airplane models and considerably lighter than those normally used at lower speeds and altitudes.⁵ As a result, pilots may overcontrol the MD-11 in manual flight after autopilot disengagement. To minimize this hazard, flight crew training should emphasize the proper procedures for autopilot disconnect and subsequent manual control of the airplane. Therefore, because of the potential for light stick forces in cruise flight, the Safety Board believes that the FAA should issue a flight standards information bulletin that directs principal operations inspectors to ensure that MD-11 training programs provide simulator instruction in the proper procedure for autopilot disengagement and the subsequent manual control of the airplane.

The certification requirements for transport-category autopilot systems are addressed in 14 CFR Part 25.1329, "Automatic Pilot System." Compliance with this regulation is addressed

⁵ National Transportation Safety Board. 1997. *Inadvertent In-Flight Slat Deployment, China Eastern Airlines Flight 583, McDonnell Douglas MD-11, B-2171, 950 Nautical Miles South of Shemya, Alaska, April 6, 1993.* Aircraft Accident Report NTSB/AAR-97-07. Washington, DC.

in Advisory Circular 25.1329-1A, "Automatic Pilot Systems Approval." However, neither of these references includes information about how an airplane should respond when a manual flight control input is made while the autopilot is engaged. The Safety Board is aware that some transport-category airplane autopilot systems are designed to disconnect whenever pilots apply force⁶ to the flight controls. A similar design feature would have prevented the pitch upsets that occurred in these two accidents, and the Safety Board is aware that there may be other viable means to prevent such upsets. The Safety Board concludes that the current MD-11 autopilot design, which allows for upsets to occur when pilots apply force to the flight controls, is not acceptable. Therefore, the Safety Board believes that the FAA should require that the MD-11 autopilot system be modified to prevent upsets from occurring when manual inputs to the flight controls are made. In addition, the Safety Board believes that the FAA should review the design of all transport-category airplane autopilot systems and require modifications to those determined to be capable of creating upsets when manual inputs to the flight controls are made. Finally, the FAA should require all new transport-category airplane autopilot systems to be designed to prevent upsets when manual inputs to the flight controls are made.

In the American Airlines flight 107 upset, the first officer adjusted the pitch thumbwheel seven times as the autopilot was attempting to level the airplane after descending. Boeing DPD engineers informed the Safety Board that, when the autopilot is engaged, movement of the pitch thumbwheel interrupts the autopilot's altitude capture mode. Once the pitch thumbwheel is released, there is a 2-second delay before the autopilot can resume the level-off. Therefore, the American Airlines flight crewmember's repeated use of the pitch thumbwheel during the level-off process prevented the autopilot from capturing the assigned altitude. The Safety Board learned that American Airlines operations and training personnel were not aware of this 2-second delay and that it was not addressed in the manufacturer's operations or training material.

After the accident, Boeing DPD issued MD-11 FCOM Temporary Revision 3-101, dated June 18, 1997, which stated the following:

When the pitch wheel is moved, the AP [autopilot] will cancel the altitude capture mode (if engaged) and will not re-engage in altitude capture until the pitch wheel has come to rest for 2 seconds. Altitude capture will not engage if the pitch wheel is repeatedly adjusted.

Although this information adequately describes the effect of pitch thumbwheel adjustment during altitude capture, the Safety Board is again concerned that, because many MD-11 operators use their own CFMs rather than the McDonnell Douglas MD-11 FCOM, some pilots may not be aware of this warning. Placing the warning in the FAA-approved MD-11 AFM, which is required for each airplane delivered, and requiring operators to include the warning in their CFMs will ensure that all pilots are made aware of this potential safety hazard. Therefore, the Safety Board believes that the FAA should require Boeing to revise the MD-11

⁶ To prevent nuisance disconnects caused by incidental pressure on the controls, the force required to disconnect the autopilot must exceed a threshold value.

AFM and all MD-11 operators to revise their CFMs to ensure that pilots are warned about the hazards of adjusting the pitch thumbwheel during a level off with the autopilot system engaged.

Therefore, the National Transportation Safety Board recommends that the Federal Aviation Administration:

Require Boeing to revise the MD-11 Airplane Flight Manual and all MD-11 operators to revise their company flight manuals to ensure that pilots are warned about the hazards of applying force to the control wheel or column while the autopilot is engaged. (A-99-39)

Issue a flight standards information bulletin that directs principal operations inspectors to ensure that MD-11 training programs provide simulator instruction in the proper procedure for autopilot disengagement and the subsequent manual control of the airplane. (A-99-40)

Require that the MD-11 autopilot system be modified to prevent upsets from occurring when manual inputs to the flight controls are made. (A-99-41)

Review the design of all transport-category airplane autopilot systems and require modifications to those determined to be capable of creating upsets when manual inputs to the flight controls are made. (A-99-42)

Require all new transport-category airplane autopilot systems to be designed to prevent upsets when manual inputs to the flight controls are made. (A-99-43)

Require Boeing to revise the MD-11 Airplane Flight Manual and all MD-11 operators to revise their company flight manuals to ensure that pilots are warned about the hazards of adjusting the pitch thumbwheel during a level off with the autopilot system engaged. (A-99-44)

Chairman HALL, Vice Chairman FRANCIS, and Members HAMMERSCHMIDT, GOGLIA, and BLACK concurred in these recommendations.

By: 
Jim Hall
Chairman

Enclosure

F C O M臨時改訂 2-767/2-784/2-826

(1) 臨時改訂 2-767 (1997年6月25日付け)

「AUTOMATIC FLIGHT SYSTEM (AFS)」について解説した項目において、
「INTRODUCTION」中の「GENERAL OVERVIEW」の部分に次の記述を追加した。

The autopilot is disconnected by pushing the autopilot disconnect switch located on either the Captain's or the First Officer's outboard yoke handle. This activates the autopilot disengage warning system, which consists of a flashing red boxed AP OFF text and a flashing red box around the flight mode annunciator on the PFD. It also consists of a cyclic aural warning tone and a central aural warning system "AUTOPILOT" optional announcement. If the autopilot disconnect button is held depressed, and the RCWS option is installed, the Roll Control Wheel Steering (RCWS) will be disabled until the button is released.

CAUTION

Do not disengage the autopilot by making manual inputs to the control column and do not apply force on the control column when disconnecting the autopilot. If a force is applied to the control column while disengaging the autopilot, the aircraft will respond abruptly.

(2) 臨時改訂 2-784 (1997年8月29日付け)

「AUTOMATIC FLIGHT SYSTEM (AFS)」について解説した項目において、
「INTRODUCTION」中「GENERAL OVERVIEW」の記述が次のとおり変更された。

それまで「CAUTION」であった部分は、「WARNING」に変更され、内容も改定された。

The autopilot is disconnected by pushing the autopilot disconnect switch located on either the Captain's or the First Officer's outboard yoke handle. This activates the autopilot disengage warning system, which consists of a flashing red boxed AP OFF text and a flashing red box around the flight mode annunciator on the PFD. It also consists of a cyclic aural warning tone and a central aural warning system "AUTOPILOT" optional announcement. If the autopilot disconnect button is held depressed, and the RCWS option is installed, the Roll Control Wheel Steering (RCWS) will be disabled until the button is released.

WARNING

Unless the autopilot is malfunctioning, the pilot should not over power or assist the autopilot with control column or control wheel forces. This can cause the autopilot to disengage with too much control input, which could result in over control during recovery. If a force is applied to the control column or control wheel while disengaging the autopilot, the aircraft will respond abruptly.

(3) 臨時改訂 2-826 (1997年12月2日付け)

「AUTOMATIC FLIGHT SYSTEM (AFS)」について解説した項目において、「INTRODUCTION」中「GENERAL OVERVIEW」の記述が、更に次のように変更された。

このほかに「APPROCH」に関する改訂もあったが、省略する。

なお、本改訂の内容は、臨時改訂 2-826 (1997年12月2日付け)により、「SEVERE TURBULENCE AND/OR HEAVY RAIN INGESTION」の項にも反映されている。

The autopilot is disconnected by pushing the autopilot disconnect switch located on either the Captain's or the First Officer's outboard yoke handle. This activates the autopilot disengage warning system, which consists of a flashing red AP OFF text and a flashing red box around the flight mode annunciator on the PFD. It also consists of a cyclic aural warning tone and a central aural warning system "AUTOPILOT" optional announcement. If the autopilot disconnect button is held depressed, and the RCWS option is installed, the Roll Control Wheel Steering (RCWS) will be disabled until the button is released.

The pilot is responsible for monitoring the autopilot whenever it is engaged. If the pilot is not satisfied with the autopilot performance, or is unsure that it is operating correctly, it should be immediately disconnected by using one of the autopilot disconnect switches. The pilot should smoothly stabilize the aircraft attitude, retrim if necessary and reengage the autopilot if desired.

NOTE

Because the autopilot cannot respond correctly when inputs are made to the control wheel or column, it is designed to disconnect automatically if there are sustained pilot inputs. However, the pilot should never make control inputs when the autopilot is engaged, because at disconnect there will be a sudden and abrupt movement of some flight control surfaces with an associated but unpredictable aircraft response.

WARNING

Applying force to the control wheel or column while the autopilot is still engaged has resulted in autopilot disconnects and subsequent abrupt aircraft maneuvers. Pilots have over-controlled the aircraft while trying to return to stabilized level flight. The pilot should never apply force to the control wheel or column while the autopilot is engaged. If the pilot is not satisfied with the autopilot performance, or is unsure that it is operating correctly, it should be immediately disconnected by using one of the autopilot disconnect switches. If the autopilot disengages while a force is applied to the control wheel or column, there will be a rapid, commanded change in some of the control surface positions. This will result in an abrupt and unpredictable aircraft response. Additionally, the pilot should not attempt to disconnect the autopilot while applying a control force. If an inadvertent autopilot disconnect occurs, the pilot must smoothly stabilize the aircraft attitude, releasing the flight controls, if necessary, until the aircraft motion dampens out.

最大運用限界速度に関する関連文書の記述

最大運用限界速度の定義等が、関連文書にどのように記述されているかについて、以下に取りまとめる。

1 耐空性要件 (Airworthiness Requirements) における記述

最大運用限界速度については、米国連邦航空規則 § 25.1505 に、次のとおり記述されている。

§ 25.1505 Maximum operating limit speed.

The maximum operating limit speed (V_{MO}/M_{MO} airspeed or Mach Number, whichever is critical at a particular altitude) is a speed that may not be deliberately exceeded in any regime of flight (climb, cruise, or descent), unless a higher speed is authorized for flight test or pilot training operations. V_{MO}/M_{MO} must be established so that it is not greater than the design cruising speed V_C and so that it is sufficiently below V_D/M_D or V_{DF}/M_{DF} , to make it highly improbable that the latter speeds will be inadvertently exceeded in operations. The speed margin between V_{MO}/M_{MO} and V_D/M_D or V_{DF}/M_{DF} may not be less than that determined under § 25.335(b) or found necessary during the flight tests conducted under § 25.253.

[Amdt. 25-23, 35 FR 5680, Apr. 8, 1970]

略語の意味は、次のとおりである。

V_C : Design Cruising Speed、 V_D/M_D : Design Diving Speed

V_{DF}/M_{DF} : Demonstrated Flight Diving Speed

なお、§ 25.335(b) は「Design Dive Speed」の決め方に関する規定であり、§ 25.253 は「High-Speed Characteristics」に関する規定であるが、その内容については省略する。

また、我が国の耐空性審査要領に同等の記述があるが、その内容は省略する。

2 フライト・マニュアル及び飛行規程における記述

事故当時、マクドネル・ダグラス社発行の「Airplane Flight Manual」には、「SECTION 1 LIMITATIONS」の「2. STRUCTURAL DESIGN」の項目に「Maximum Operating Speeds」の標題で、以下のことが記載されていた。

Maximum Operating Speeds

The Maximum Operating limit Speed V_{MO}/M_{MO} may not be deliberately exceeded in any regime of flight.(climb,cruise,or descent)

(以下省略)

なお、事故当時の日本航空（株）の飛行規程にも、同等の記述がなされていた。

3 FCOM及びAOMにおける記述

事故当時、マクドネル・ダグラス社発行のFCOMには、「VOL.Ⅱ Operating Procedures」中、「LIMITATIONS」の「2. STRUCTURAL DESIGN LIMITATIONS」の項に「Maximum Operating Speeds」の標題で、以下のことが記載されていた。

Maximum Operating Speeds

The maximum operating speed V_{MO}/M_{MO} may not be deliberately exceeded in any regime of flight (climb,cruise,or descent).

(以下省略)

なお、日本航空（株）のAOMでは、「AIRCRAFT LIMITATION」の章の「1-2-2 速度及び荷重倍数」中、「1. 対気速度限界」の項目に「(1)Maximum Operating Limit Speed (V_{MO}/M_{MO})」について記載されていた。

当該AOMは、基本的にはFCOMに沿ったものであるが、FCOMの前記「The Maximum,or descent」の部分については、AOMでは、事故当時は記述が省略されており、その後追加された。

4 オーバー・スピード発生時の点検に関するメンテナンス・マニュアルの記述

V_{MO}/M_{MO} を超過した場合に必要な点検項目について、「MD-11 Aircraft Maintenance Manual」には、 V_{MO}/M_{MO} を超過した場合（Clean Wing

condition) が必要となる点検項目の記述があり、その中につきのことが記載されている。

If the overspeed is no more than 10 knots above the maximum operating speed (Vmo/Mmo), inspect external fuselage per paragraph 4.A.(1). Do not remove the fillet panels, inspect external fuselage skin only. If the overspeed is more than 10 knots above the maximum operation speed (Vmo/Mmo), do all the inspection per paragraph 4.A.(1) through 4.A.(7). If there is too much turbulence/buffeting during the overspeed, do all the inspection per paragraph 4.A.(1) through 4.A.(7).

CWS-PITCHとCCPの記録時間のずれ

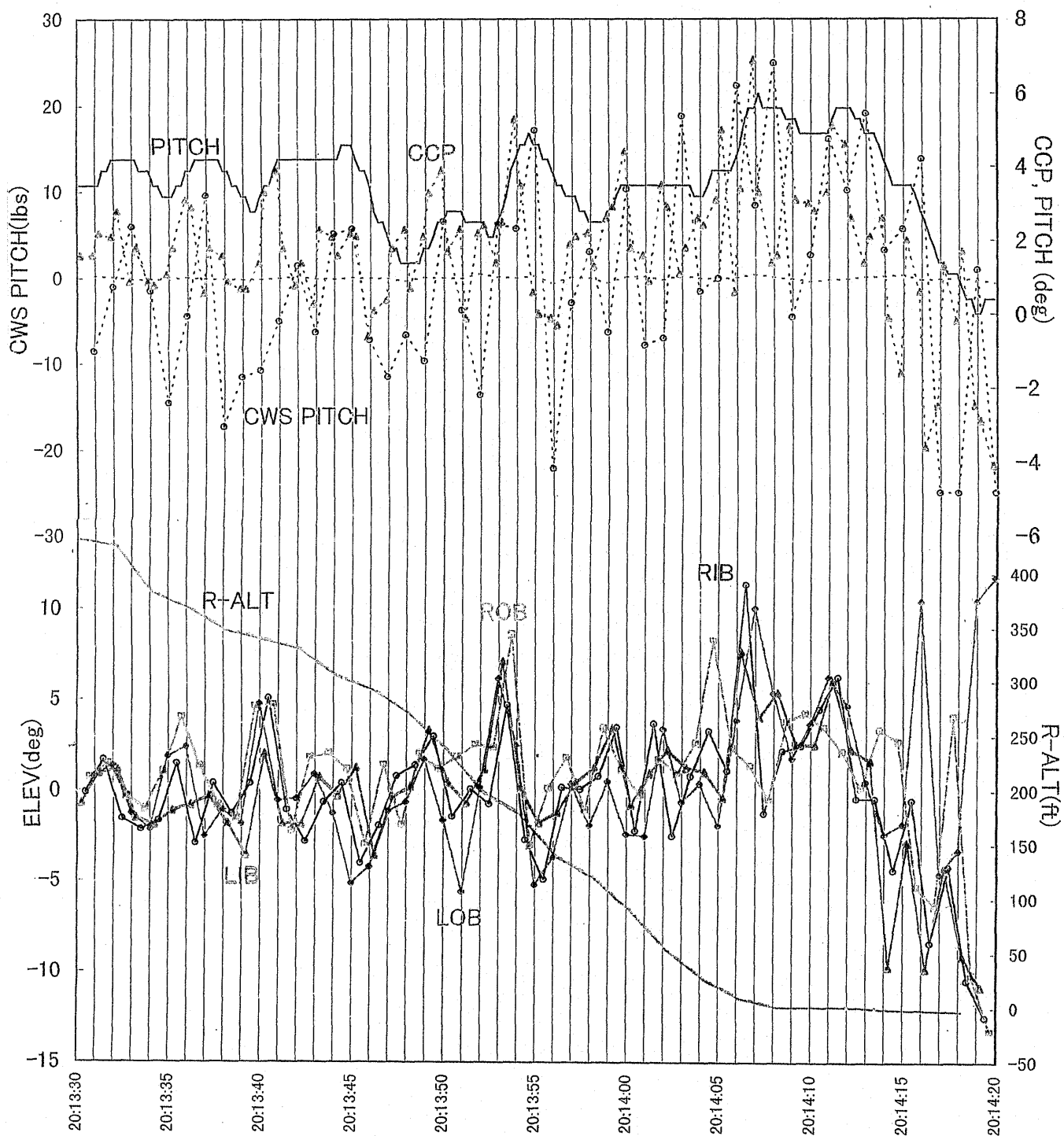
本報告書の「2.8.2DFDR及びADASの記録」で述べたとおり、別添1のグラフは、各パラメータがセンサーで取得されてからDFDR及びADASに記録される以前のデータ・バス上の時間遅れを考慮せず、DFDR及びADASの記録位置に記録された時刻に基づいている。ADASは、1秒間を512のスロットに分割して記録する方式をとっており、CWS-PITCH（CAP1A及び1B）は、それぞれ503番目及び504番目のスロットに記録されており、CCPは、1秒間に2回、14番目及び446番目のスロットに記録されている。このため、グラフ上では、CWS-PITCHがCCPに比べて時間的に遅れて動いているかのように見える。

また、データ・バスの時間遅れを考慮すれば、各パラメーターは記録時刻よりも早い時刻に取得されたと言えるが、データ・バス上の遅れが一様でないため、CWS-PITCHとCCPの両パラメーターが取得された時刻の前後関係を特定することはできない。

そこで、別添1のグラフが示すCWS-PITCHとCCPの時間関係が事故当時の特別な状況下で生じたものなのか、それとも、ADASの記録方式により通常生じるものなのかを調べるために、当該機の名古屋空港へのアプローチから着陸までのパラメータ（PITCH、CWS-PITCH、CCP、ELEVATORS）を別添1のグラフと同じ方法でプロットしたグラフを図A14に示す。

このグラフから分かるように、CWS-PITCHとCCPの動きの時間関係は、別添1のグラフに示すものと同一であり、このことから、CWS-PITCHとCCPの時間のずれは、データ・バスを含めた記録上の特性であることが言える。したがって、機構的な観点から、CWS-PITCHとCCPの作動は、同時に発生したものであると推定される。

図A14 名古屋空港へのアプローチ中のCWS-PITCHとCCPの
記録時間関係



自動操縦装置のディスコネクトについての補足説明

1 自動操縦装置がディスコネクトする条件

日本航空（株）のAOMによれば、自動操縦装置がディスコネクトする条件は、次のとおりである。

- (1) Vertical “G” が $1 \pm 0.6 \sim 1 \pm 1.4$ を超過。（その時のPitch Rateによる。）
- (2) Roll Rate が 10 deg/sec を超過。
- (3) Bank Angleが 60° を超過。
- (4) PilotのOverride Control等により各舵面のPositionがAutopilotのCommandによるものと差がでた。

（注1） (1)～(3)は自動操縦装置のオート・カットオフ（ACO）機能が働く。

（注2） (4)はECRMが作動する。

2 本事故で、ACOが自動操縦装置のディスコネクトに関与しなかった理由

事故当時、同機の自動操縦装置が上記1(4)（ECRM作動）によりディスコネクトしたと推定したことについては、本文に記載したとおりである。自動操縦装置のディスコネクトが上記1(1)～(3)によるものでないと推定した理由は、以下のとおりである。

(1) 1(1) Vertical “G” について

垂直加速度が増加中の場合には、 $1 + 0.6 G \sim 1 + 1.4 G$ の範囲を超過した場合に自動操縦装置のACOが働く。

この条件によりACOが作動した場合には、CFDS（Centralized Fault Display System）に“AP PACO”というフォールト・メッセージが記録されるが、この記録がなかった。

また、ACOを作動させるためにはIRUで検出したGの信号が使われる。IRUがGを検出した実時間から、FCCがACOを作動させる信号を出力するまで、自動操縦装置のシステム・ロジック上1秒の遅延時間が設定されている。

一方、製造者によれば、自動操縦装置のON及びOFFの信号が、DFDRに記録されるまでデータ・バス上で最大1秒の時間遅れを伴う。

これらの時間遅れのため、自動操縦装置がディスコネクトした実時刻の1秒前にIRUが検出した垂直加速度の値は、 $1.6 G$ に達していなかった可能性が

ある。

(2) 1 (2) Roll Rateについて

この条件により ACO が働いた場合には、CFDS に “AP R RATE ACO” というフォールト・メッセージが記録されるが、この記録はなかった。

また、DFDR 記録によれば、自動操縦装置がディスコネクトする直前、同機のロール角は、 0° 付近のわずかな変化に止まっており、 $10^{\circ}/s$ を超えるロール・レートは発生していない。

(3) 1 (3) Bank Angleについて

この条件により ACO が働いた場合には、CFDS に “AP R ACO” というフォールト・メッセージが記録されるが、この記録はなかった。

また、DFDR 記録によれば、自動操縦装置がディスコネクトする直前、 60° を超えるバンク角は発生していなかった。

8 アメリカ合衆国からの意見

(注)

編集上の理由により、最終報告書のページ番号は、最終報告書案と一致するとは限らない。



National Transportation Safety Board

Washington, D.C. 20594

November 17, 1999

Mr. Atsuhiko Wataki
Investigator-in-Charge, JAL 706
Aircraft Accident Investigation Commission
Ministry of Transport
Tokyo, Japan

BY FACSIMILE

Dear Mr. Wataki,

Thank you for the opportunity to comment on the draft report of the accident, JAL flight 706 of June 8, 1997, an MD-11 airplane, JA8580, near Nagoya, Japan. The National Transportation Safety Board (NTSB) staff participated in the investigation as the state of manufacture of the MD-11 aircraft in accordance with Annex 13 to the ICAO Convention with advisors from the Federal Aviation Administration (FAA) and the Boeing Commercial Airplane Group (formerly McDonnell Douglas Aircraft). We believe our participation has been beneficial to all.

We wish to congratulate the JAAIC for the depth and focus of the investigation. The draft Final Report is an excellent example of professionalism.

We have only a few points of comment, however, we believe they are sufficiently important that adjustment in the text would be appropriate.

Para. 2.11.1 Subparagraph (2), MD-11 Autopilot System, draft page 25, contains a sentence that reads, According to Mc Donnell Douglas, the sole reason for the autopilot override function,... The sentence would be more correct with the following modification, "the reasons for the autopilot override function on the MD-11 are to provide pilots with a backup disconnect function in the case of an autopilot hardover or where pilots find that they are not able to disconnect the auto pilot using the disconnect button."

Para. 2.11.1 Subparagraph (2), MD-11 Autopilot System 2, draft page 26, contains a sentence that reads, "This function has an Overspeed Protection logic such that..." It would be more correct with the following modification, "This function has an speed limiting logic such that..."

Para. 2.11.3 Subparagraph (2), end sentence, draft report page 29. The sentence would offer more clarity with the following modification, "The engineering flight simulator demonstrations at Mc Donnell.....activate the ECRM and produce the G forces recorded on the FDR."

Para. 3.2.2. draft report page 33. In the paragraph which begins, "At 1948:21, the speed brakes (Spoilers) began to deploy..." The last sentence of the paragraph would be more correct if the current words, the AP's "speed protection function" were replaced with the words, "speed limiting logic."

Para. 3.3.1, subparagraph (2) draft report page 35. The title of the paragraph and the first sentence refer to the speed protection function. This subject should be called the speed limiting logic.

Para. 3.3.1, subparagraph (2) draft report page 36. The first sentence on the page begins, "Thus, it is estimated that the FCC airspeed had not reached..." It is appropriate to further explain the operation of the FCC airspeed filter by inserting the following information before this sentence: "The time lag becomes a factor in airspeed filter convergence when the wind rates exceed 1.1 knots per second."

Para. 3.3.1, subparagraph (3) draft report page 36. The paragraph that reads, "The effectiveness of the speed brakes for decreasing the airspeed..." needs modification to fully describe the airplane performance in the FLC mode. A suggested insert follows:

In the FLC mode with the autopilot engaged, speed is controlled by airplane pitch attitude changes, referred to as "speed on pitch." Speed brake deployment in the FLC mode will not slow the airplane speed, rather, deployment results in an increased rate of descent to maintain the target airspeed. Therefore, in the FLC mode, when the speedbrakes are deployed, the autopilot will not attempt to slow the airplane; it will command a nose down elevator to maintain speed.

In analyzing the elevator position data during speedbrake deployment, there are two reasons for the commanded nose down elevator. The autopilot inner loop will attempt to counter the normal nose up pitching moment due to the aerodynamic changes in the wing and changes in the downwash on the tail. Secondly, the autopilot outer loop will command a nose down elevator to maintain speed. During the timeframe of speedbrake extension, data indicates that the filtered FCC-airspeed did not keep up with the actual CAS in the decreasing tail wind condition which resulted in a speed excursion.

Also, the word "fully" in the next paragraph, last sentence, should be dropped.

Para. 3.3.1, subparagraph (3) draft report page 37. The paragraph that reads, "Assuming that the Captain adequately adjusted the V/S wheel..." tends toward speculation rather than the engineering facts associated with FCC design logic for engaging the V/S mode. Lacking factual explanation, it is appropriate to delete this paragraph. Note then, the related safety recommendation regarding a design review of the AP system in FLC to changeover to V/S mode is not supported and should be deleted.

Rum

Para.4, CAUSES, subparagraph (1), draft report page 45. The sentence that reads, "Thus, the AP system (FCC-airspeed) had a time lag in converging the airspeed on the selected target airspeed." should have the following words added for clarity, "...with wind rates in excess of 1.1 knots per second.

Para.4, CAUSES, draft report page 45, last item which reads "(2) A lack of pilot education and training by using the simulator." It would be beneficial to continue the sentence as follows, "...regarding inappropriate AP disconnect and control of pitch oscillations using excess pitch control forces."

Para. 6, Safety Recommendations. With reference to ICAO Annex 13, para. 7.5, Safety Recommendations, Dispatch, if you wish, please feel free to address the JAAIC recommendations to the U.S. National Transportation Safety Board. Both the NTSB and the FAA have extensive recommendation tracking systems.

As a general note, FAA participants suggested that I convey to you, for clarity, that the manufacturer's FCOM is accepted - but not approved - by the FAA. The only manual approved by the FAA is the AFM (Airplane Flight Manual). It is expected that state civil regulatory authorities will exercise oversight over their airline's operating manuals, using the manufacturer's FCOM as a guide, but perhaps requiring airlines to develop company specific operating manuals.

Again, please allow me to thank the JAAIC for the in-depth, participative way in which you and your staff have conducted the investigation. Your promotion of fastening seat belts at all times is very commendable. Your total efforts have made a major contribution to aviation safety in the future.

With best regards,



Robert M. MacIntosh

U.S. Accredited Representative, JAL 706