

宇宙航空研究開発機構研究開発報告

JAXA Research and Development Report

飛行データ解析プログラムのための乗員行動再構築

村岡 浩治, 津田 宏果

2008年2月

宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

目次

概要.....	1
略語.....	1
1 はじめに.....	2
2 OPSAMS 概要	2
3 乗員行動再構築ルーチンの開発	3
3.1 パイロット行動の分類	3
3.2 システム構成.....	4
4 数値シミュレーション実験による検討.....	6
4.1 シミュレーションの目的及び方法.....	6
4.2 結果.....	6
4.3 検討.....	6
5 おわりに.....	8
参考文献.....	9
付録1 数値シミュレーション結果	10

飛行データ解析プログラムのための乗員行動再構築*

村岡 浩治^{*1}, 津田 宏果^{*1}

Flight Crew Task Reconstruction for Flight Data Analysis Program*

Koji MURAOKA^{*1} and Hiroka TSUDA^{*1}

ABSTRACT

The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) has started development of a proactive flight crew operations safety analysis tool designed to be used within an air carrier's FDA (Flight Data Analysis) program. The tool reconstructs flight crew activities, both tasks which are directly detectable from an FDA dataset by changes of system parameters, and tasks which cannot be observed directly from the dataset by using an embedded rule-based human behavioral model. The model generates an estimated sequence of flight crew procedural activities as well as a workload time history. These outputs are used to assess potential problems in daily flight crew operations, such as deviations from Standard Operating Procedures (SOPs) or high workload situations, for the prevention of exceedances and incidents. As an initial step of the development, a prototype flight crew task reconstruction routine was constructed, and a numerical simulation experiment demonstrated the tool's potential capabilities.

Keywords : *Flight Data Analysis, Human Performance Modeling, Operations Safety, Reconstruction*

概 要

宇宙航空研究開発機構では、パイロットの標準操作手順実施に関する潜在的な不安全事象を推定・抽出するための計算機ツール"OPSAMS (Operational Procedure Safety Analysis and Monitoring System)"に関する研究・開発を開始した。本ツールは、飛行データ解析プログラム等の運航現場における安全活動での利用を目指しており、飛行データ記録から運航時の操作手順実施状況を再構築するとともに、標準手順からの逸脱やワークロードの過多等潜在的な不安全要素の抽出を行う。ツールから得られるデータの傾向分析により操作手順や飛行方式等に関わる問題点を見つけ出し、航空機の安全運航を阻害する要因を予防的（プロアクティブ）に除外可能とすることをねらいとしている。本稿では、研究・開発の第一段階として試作した乗員行動再構築ルーチン・プログラムについて報告する。飛行中に実施した手順タスクの順序及びワークロード状態は、組み込まれた計算機人間モデルにより推定する方法とした。試作したルーチンを用いて数値シミュレーションによる行動再構築を行い、本ルーチンの特性と安全性解析への有用性を検証した。

略語

		PM	Pilot Monitoring
ICAO	International Civil Aviation Organization	ScGen	Scenario Generator
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	FWEP	Flightcrew Workload Estimation Package
OPSAMS	Operational Procedure Safety Analysis and Monitoring System	TAWL	Task Analysis Workload
FMS	Flight Management System	AOR	Area of Responsibility
FDA	Flight Data Analysis	V	Visual Workload
SOP	Standard Operational Procedure	A	Auditory Workload
PF	Pilot Flying	C	Cognitive Workload
		P	Psychomotor Workload

* 平成 19 年 12 月 6 日 受付 (Received 6 December, 2007)

*1 航空プログラムグループ 運航・安全技術チーム (Operation and Safety Technology Team, Aviation Program Group)

1. はじめに

宇宙航空研究開発機構では、パイロットの標準操作手順実施に関する潜在的な不安全事象を推定・抽出するための計算機ツール"OPSAMS (Operational Procedure Safety Analysis and Monitoring System)"に関する研究・開発を開始した。本ツールは、飛行データ解析プログラム等の運航現場における安全活動での利用を目指しており、飛行データ記録から運航時の操作手順実施状況を再構築するとともに、標準手順からの逸脱やワークロードの過多等潜在的な不安全要素の抽出を可能にする。本システムから得られるデータの傾向分析により操作手順や飛行方式等に関する問題点を見つけ出し、航空機の安全運航を阻害する要因を予防的に除外可能とすることをねらいとしている。

1つの重大事故の発生する前には、複数の類似インシデントや多数の（インシデントには至らない）類似事象が存在するといわれている。日常運航時に潜在する事故・インシデントの前兆を見つけ出し事前に安全対策をとることは航空機の事故を防ぐための有効な方策の一つであり、様々な努力が行われている。航空機搭載簡易データ記録装置に記録された数百項目に上る飛行パラメータを利用した飛行データ解析(Flight Data Analysis)プログラムは、運航安全や運航品質の向上に有効な手段であることから、多くの運航会社に取り入れられている。また、2005年からは国際民間航空機関(ICAO: International Civil Aviation Organization)でもこれを国際標準として定めるに至っている¹⁾。このプログラムでは、例えば降下率や対気速度など特定の飛行パラメータを日常的にモニタし、これらが自社の定めた許容値を超えた場合などの（事故やインシデントには至らない）不安全事象(Exceedance)を抽出し、将来の運航安全強化のための解析や安全情報フィードバック等が行われている。

本プログラムが世界的に広がりを見せる中、さらにこのプログラムを強化するための新たな手法や技術が検討されつつある。そのうちの一つがいわゆるプロアクティブ安全解析といわれる手法で、現在行われている飛行データ解析プログラムが不安全事象発生後の抽出および解析（「リアクティブ」な活動）であるのに対し、正常状態を含む全ての日常運航データを統計的に解析し、それらから潜在的な不安全事項を抽出しようという手法である。本研究で開発する OPSAMS は、この「プロアクティブ（予防的）」な安全解析を標準操作手順遂行の観点から可能とすることを目的としている。

文献 2 において、Callantine らは、将来搭載飛行記録装置の記録パラメータ数が増大することを想定し、これらのデータから乗員の行動を再構築する CATS(Crew Activity Track System)を開発した。ここでは、現在用い

られている記録装置に含まれているパラメータに加え、オートパイロットや FMS (Flight Management System)の詳細操作に関わるパラメータを記録して、乗員行動の再構築を試みた。そして、これを用いて自動操縦装置の詳細操作に関わる乗員のエラーが検知可能なことを飛行実験により示した。

Callantine らは将来の記録パラメータ増大を前提としてシステムを構築し、自動操縦の操作等までに至る詳細レベルの行動検知を可能としたが、これを運航会社における日常運航での活動として実現するためには多項目大容量記録システムの開発や装置の新規搭載が必要となってしまう。また、FMS や自動操縦装置に関わる詳細操作は、その要領が運航規程内には厳密には記されておらず数通りの入力法が存在するケースが多い。このため、エラーの定義法や抽出法を一意に定めることが困難であったり、エラー情報のフィードバック先がインターフェイス設計に限定されてしまうなどの可能性が生じることになる。これに対し、本研究で開発するシステムでは、現在用いられている記録装置の利用を前提とする方法とした。そして、再構築の対象とする乗員行動を運航規程に記述されているレベルまでの行動とし、標準操作手順を規程に不安全事象の抽出を行う方法とした。標準操作手順はタスク・アイテムの内容、実施すべき順序及び時期等が運航規程に明示されているため、エラーの定義が明確になる。またこの方法によって、ヒューマン・エラーの関わる事故防止に最も有効だとされる標準手順逸脱防止³⁾の観点からのデータ解析が可能となる。

本稿では、研究・開発の第一段階として開発した、飛行データ記録から飛行中の乗員動作を再構築するためのルーチン・プログラム「乗員行動再構築ルーチン」について報告する。行動再構築には JAXA 既存の計算機人間モデル技術(Human Performance Modeling)^{4,5)}を利用し、これにより手順タスクの実施シーケンス及び推定ワークロード出力を可能とした。構築したルーチン・プログラムを用いて数値シミュレーションによる行動再構築を試み、本ルーチンの特性と安全性解析への有用性を検証した。

2. OPSAMS 概要

図 1 に OPSAMS 構成を示す。飛行時のパイロット行動は、飛行データ記録及びマニュアル（運航規程）に定められている標準操作手順(SOP: Standard Operational Procedure)を用いて再構築を行う。飛行データ記録の中には高度や速度などの状態量に加え、フラップ・レバや脚レバ位置、自動操縦装置へのコマンド値などパイロット操作によってのみしか変化しないパラメータが含まれている。本システムでは、これらの値を使ってパイロット行動を検知する。これをもとに、システムに組み込

表1 コックピット・タスクの分類

タスク分類		飛行データ による観測	観測 結果	行動 再構築	開始条件
1	標準操作手順 タスク	可観測	検知	実施	時刻による強制開始
			非検知	(除外)	(タスク不実施を出力)
2		不可観測	検知不能	実施	飛行パラメータ・他タスク状態
3	一般 タスク	可観測	検知	実施	時刻による強制開始
4		不可観測	検知不能	実施せず	

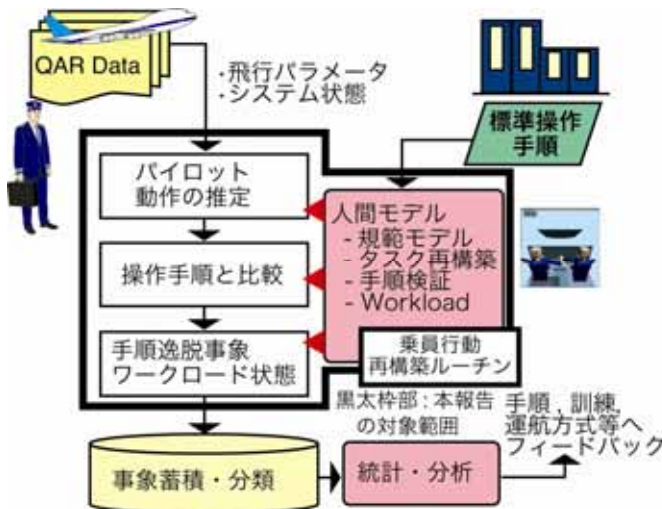


図1 OPSAMS 構成

表2 標準操作手順の例（進入・着陸）

Approach & Landing	
PF	PM
<input type="checkbox"/> Order "Flaps XXX" according to Flap Extension Schedule	<input type="checkbox"/> Readback "Flaps XXX"
<input checked="" type="radio"/> Set APP Mode ARM	<input checked="" type="radio"/> Set Flap Lever XXX
<input type="checkbox"/> Order "Gear Down"	<input type="checkbox"/> Readback "Gear Down"
<input type="checkbox"/> Order "Flaps 20"	<input checked="" type="radio"/> Landing Gear DN
	<input type="checkbox"/> Readback "Flaps 20"
	<input checked="" type="radio"/> Set Flap Lever 20
<input checked="" type="radio"/> Speedbrake Lever ARM	
<input type="checkbox"/> Landing Flap "Flaps XX"	<input type="checkbox"/> Readback "Flaps XX"
	<input checked="" type="radio"/> Set Flap Lever
<input checked="" type="radio"/> Set Missed Approach Alt on MCP	
<input type="checkbox"/> Order "Landing Checklist"	<input type="checkbox"/> Perform "Landing Checklist"
<input type="checkbox"/> Callout "Checklist Complete"	
<input type="checkbox"/> Monitor Approach Progress	
<input checked="" type="radio"/> 飛行データにより観測可能なタスク (可観測) <input type="checkbox"/> 飛行データからは観測が不可能なタスク (不可観測)	

まれた計算機人間モデル機能を用いて飛行時の標準操作手順実施状況（実施タスクの順序及び未実施タスクの有無）及びワークロード状態を推定し出力する。これを蓄積して統計処理を行うことにより、例えば特定の進入方式で類似の手順逸脱が頻発しているなどといった不安全事象の兆候を発見可能にする。本システムは、降下率や速度などの飛行パラメータ自体の逸脱ではなく、これらの事象の背景要因となりうる手順実施及びワークロード状態といったパイロット・パフォーマンスの観点から飛行データを解析し、潜在的な不安全要素の探索に有用な出力を生成することが特徴である。

3. 乗員行動再構築ルーチンの開発

本章では、OPSAMS 研究・開発の第一段階として開発した乗員行動再構築ルーチンの機能（図1 黒枠部）について述べる。

3.1 パイロット行動の分類

本ルーチンにて構築するパイロット行動の分類を表1にまとめる。また、表2に標準操作手順の一例として進入・着陸手順を示した。コックピット内でのパイロット作業は、マニュアルに記述された標準操作手順タスクと

これ以外（以下、一般タスクと記述する）に分類することができる。表2のような標準操作手順タスクに対し、管制指示に応じた機首方位調整や高度変更といった個別の操縦テクニックや表示装置の輝度調整や交信周波数設定など、タスク・アイテムを列挙する形式では記述できない作業も存在する。これら両者の作業には、それぞれ飛行データによる観測が可能なものと不可能なものが含まれている。表2の進入着陸手順では、フラップ・レバや脚レバの設定（マゼンタ目印）は観測可能（以下、可観測）であるが、フラップ設定指示やチェックリスト実行などの、システム状態の変化を伴わない作業は観測不可能（以下、不可観測）である。

これらのタスクのうち、本ルーチンでは、
タスク分類-1 可観測な標準操作手順タスク
タスク分類-2 観測不可能な標準操作手順タスク
タスク分類-3 可観測な一般タスク

を再構築の対象とした。本ルーチンでは、飛行データを観測し、その結果としてタスクが検知される。したがって、不可観測なタスクについては検知することは不可能（検知不能）である。そのため観測不可能な標準操作手順タスク（タスク分類-2）については、3.2節に示す計算機人間モデルを用いて実施タイミングを推定した。

一方、不可観測な一般タスク（タスク分類-4）は実施の有無を判断することが不可能であるため、再構築対象タスクから除外した。また、可観測な標準操作手順タスク（タスク分類-1）については、飛行データから検知されるべきタスクであるとして、検知を試みたにもかかわらず見つからなかった場合は、以下に述べる再構築アルゴリズムにてその結果（検出されなかったこと）を出力した。

3.2 機能構成

図2は乗員行動再構築ルーチンの機能ブロック図である。本ルーチンは、飛行データ記録、標準操作手順及び航空機仕様入力をもとに乗員のタスク実施状況を再構築し、タスク実施順序及びワークロード推定値を出力する。シナリオ生成部では、飛行データ記録からの動作検知を行うとともに、標準操作手順から各乗員(PF: Pilot Flying 及び PM: Pilot Monitoring)のタスク・アイテムを抽出し、乗員動作シナリオを生成する。乗員行動再構築部はこの乗員動作シナリオをもとにして、タスク実施状況を時間軸上に再構築する。乗員行動再構築部においては計算機人間モデルによる行動シミュレーションが駆動される。このモデルに含まれる意思決定及びワークロード分配機能により、不可観測標準操作手順タスク・アイテムの開始タイミングが推定されるとともに、タスク実施順序及びワークロード推定値を出力する。以下に各機能の詳細を示す。

(1) シナリオ生成部

a) 標準操作手順タスク生成

乗員動作シナリオ用の標準操作手順タスク(タスク分類-1及び2)を生成する。本機能には、文献5のシナリオ生成機能（コックピット・ワークロード推算プログラム用(FWEP: Flightcrew Workload Estimation Package)シナリオ生成ルーチン）を利用した。FWEPシナリオ生成ルーチン機能を以下に要約する。

- ・行動計算用シナリオは、PF 及び PM 標準操作手順及び航空機仕様（コックピット配置及び飛行データ記録仕様）を入力として生成される。
- ・行動計算用シナリオ内の各タスク・アイテムは、タスク・アイテムの内容（ゴール）、ワークロード値、作業時間及び作業開始条件などにより定義される。作業開始条件は飛行データ仕様に記述されているパラメータ名および／または PF/PM のタスク・アイテム番号を用いた条件式で表される。
- ・各タスク・アイテムの作業時間は、コックピット配置及び人間標準特性データベースに基づいて自動的に計算される。

・各タスク・アイテムのワークロード値は、TAWL(Task Analysis Workload) ⁶⁾レベル値を用いて定義される。

TAWL は Visual, Auditory, Cognitive 及び Psychomotor の各リソースについて、作業性質ごとに 1.0~7.0 の値を定めるものであり、本ルーチンはこの定義に基づいて、各標準操作手順タスク・アイテム実行に必要なワークロード値を自動で算出する。

OPSAMS では上記機能に加え、タスク・アイテム内容（ゴール）が飛行データのパラメータ変化に関連しているかを判定し、可観測標準操作手順タスク(タスク分類-1)と不可観測標準操作手順タスク(タスク分類-2)を区別した。例えば、タスク・アイテム内容が"Set Flap Lever 10"で、飛行データ記録項目に Flap Lever がある場合は、タスク分類-1と判定する。

b) 検知タスク生成

本機能は、飛行データに記録された機体システム・パラメータの変化からタスクを抽出する。コックピット配置定義ファイルに記された機器の特性から、Rotate, Push 等のタスク内容(ゴール)を特定するとともに、ワークロード値を自動算出する（FWEPシナリオ生成ルーチンと同様の方法）。本機能では、パラメータ変化の生じた時刻をパイロット作業が終了した時刻と仮定し、作業開始タイミングを特定している。例えば、スイッチ状態の変化がある時刻に生じた場合には、その時刻に"Push Switch"というタスク・アイテムが終了したと仮定し、作業に必要な所要時間をさかのぼって作業開始時刻を特定している。このような方法を用いて作業開始時刻を推定しているため、タスク検知用の飛行パラメータにはパイロット操作の結果が直後に反映されるものを選ぶ必要がある。例えば、フラップ操作のタスクを検知するためにフラップ・レバ位置は適しているが、フラップ位置は適していない。フラップ位置は、レバ操作後ある時間を経て変化するためである。

c) 乗員動作シナリオ生成（実施者推定）

飛行データ記録から検知されたタスクには、可観測標準操作手順タスク(タスク分類-1)及び可観測一般タスク（タスク分類-3）が含まれているが、飛行データには、PF または PM のどちらのパイロットが作業を実施したかに関する情報は含まれていないため、これを推定する必要がある。この機能ではまず、検知タスクから、標準操作手順タスク・アイテムに相当する作業を抽出し、作業実施者を推定する。標準操作手順タスク生成部(a)により生成された標準操作手順タスクには、可観測標準操作手順タスク（タスク分類-1）及び不可観測標準操作手順タスク(タスク分類-2)が含まれており、これらは既に分

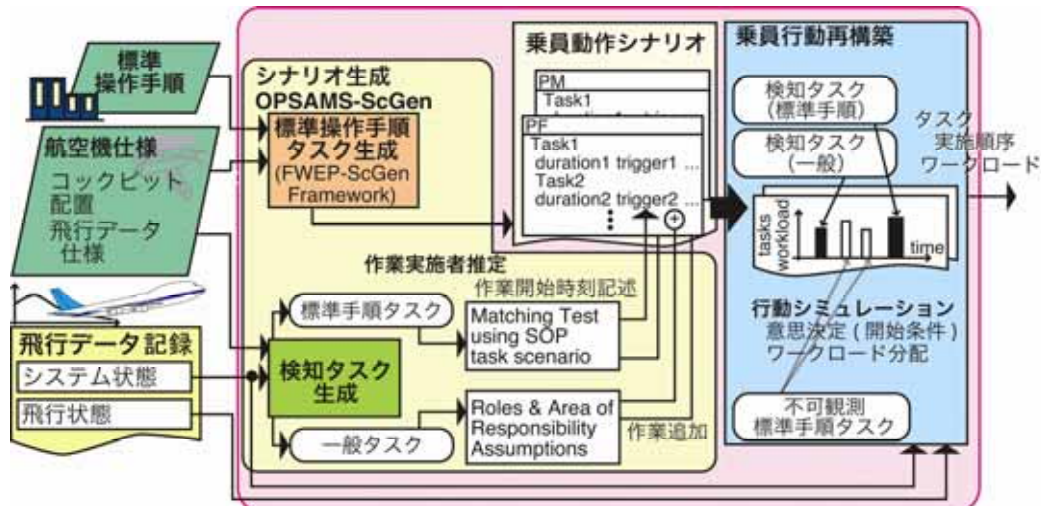


図2. 乗員行動再構築ルーチン機能ブロック図

類が済んでいる。ここでは、この可観測標準手順タスク（タスク分類-1）と内容が一致するタスクを検知タスクから抽出し、「検知された可観測標準手順タスク」とした。そして、タスク実施者を標準操作手順に準ずるとして特定した。残りの検知タスクは、「検知された可観測一般タスク」（タスク分類-3）とし、タスク実施者をマニュアルに指定されているコックピット内機器に関する操作責任範囲（AOR: Area of Responsibility）に従うとの仮定に基づいて決定した。

標準操作手順タスク生成部(a)によって生成されたタスクは、開始条件が飛行状態に関する条件式や直前タスク・アイテムの完遂判定などによって定義されている。例えば、表2の"PF: Set Speedbrake Lever ARM"タスク・アイテム開始条件は"Pressure Altitude<4,000ft かつ Airspeed<180kt"と定義され、"PM: Read back Gear Down"は、"PF: Order Gear Down タスク終了後"と定義されている。これに対し、飛行データからタスクが検知された場合には、開始時刻が特定されるため、開始条件を時刻条件にて上書きした。

これらのタスクをすべて列挙し、乗員動作シナリオが生成される。なお、可観測標準操作手順タスク(タスク分類-1)のうち、いくつかのタスク・アイテムが飛行パラメータ変化から検知されない場合が起こりうる。このような場合には当該タスク・アイテムが実行されなかった（実施の形跡がない）ものとして、エラー出力（非検知）を生成した。

(2) タスク再構築及びパフォーマンス推定

計算機人間モデル機能を用い、飛行データ記録の時歴に沿ったパイロット・タスク再構築及びワークロード状態推定を実施する。乗員動作シナリオに記述されたタスクのうち、検知タスク(タスク分類-1 及び 3) は、時刻に

応じて強制的に開始される。一方、観測不可能な標準操作手順タスク(タスク分類-2)の開始タイミングは、以下のタスク・アイテムごとの開始条件に基づいた意思決定及びワークロード分配機能により決定した。

- ・各タスク・アイテムの開始条件にもとづいて、飛行パラメータ状態（あるいは自身/他者（モデル）の手順実施状態）を確認する。開始条件が成立すると、当該タスク・アイテムは作業開始可能状態となる。
- ・自身（モデル）のワークロード・リソース状態(V, A, C, P 値)を確認し、当該タスク・アイテム実施に必要なリソースが利用可能な場合（各リソースのワークロード値が最大 7.0 となるまで複数タスク・アイテムの並行実施可能）、当該タスクを開始する。
- ・（他タスク・アイテム実施中で）リソースが不足している場合には、タスク・アイテム開始待機状態とし、上記判定を繰り返す。
- ・上記判定を繰り返し、開始条件成立中に当該タスクを開始できなかった場合には、開始条件が不成立となる時刻にタスク・アイテムが終了するタイミングで強制的にタスク・アイテムを実施する。この場合はワークロード状態の判定を行わない（結果として過大なワークロード状態を出力する）。

人間モデルからは、乗員動作シナリオ内タスク（タスク分類-1, 2 及び 3）の推定実施時歴がワークロード状態推定値とともに出力される。また、標準操作手順タスク(タスク分類-1 及び 2) 実施順序及び非実施項目の有無（有りの場合、非実施タスク番号）が出力される。乗員動作シナリオ内のタスク所要時間はすべて標準的人間特性データベースをもとに決定しているため、複数の作業を短時間で実施したような場合には、上記のアルゴリズムにより過大ワークロード状態が出力される可能性があ

る。このような例は4章にて示す。

標準操作手順の実施に関わる不安全事故の潜在可能性を示す出力状態は以下の3つに整理できる。

- ・ 過大ワークロード状態(V, A, C, P>7)の場合。
- ・ 標準操作手順タスク・アイテム不実施の場合。
- ・ 標準操作手順タスク実施順序異常の場合。

これらの出力を不安全事故であると断定可能かどうかについては次章にて検討する。

4. 数値シミュレーション実験による検討

4.1 シミュレーションの目的及び方法

乗員行動再構築ルーチンの機能検討及び OPSAMS の飛行データ解析プログラムへの有用性検討を目的として数値シミュレーションを行った。表3に示す3種類の異なる飛行データ記録を用意しケース1~3とした。それぞれの飛行データは、飛行履歴は同様であるが、システム・パラメータの変化タイミング及び順序が異なっている。これらの飛行データは、本評価実験用として数値飛行シミュレーションにより意図的に生成した記録データを用いたが、飛行データ項目数や記録周期は実機のデータ記録装置と同等である。標準操作手順入力として、表2の進入着陸手順を用いた。コックピット配置には大型旅客機のレイアウトを用いた。

4.2 結果

図3(a)にケース1(通常・ベースライン)の結果(飛行時歴及びワークロード時歴)を示す。可観測標準操作手順タスク(タスク分類-1)、不可観測標準操作手順タスク(タスク分類-2)及び可観測一般タスク(タスク分類-3)がすべて再構築されている。図はタスクの分類ごとに色分けしており、高度コマンドや速度コマンド、フラップ・レバや脚レバの変化によりタスクが検知されるとともに、標準操作手順(タスク分類-1)とそれ以外の一般タスク(タスク分類-3)の判別に成功していることがわかる。不可観測標準操作手順タスク(タスク分類-2)も再構築されており、またワークロード値も飛行中最大値 7.0 を超えることがなかった。

図3(b)はケース2において発生した、ワークロード値が 7.0 を超えた事象である。いずれの事象でも、タスク・アイテム間の干渉により最大ワークロード値の超過が発生した。また、ケース2においてはPFの標準操作手順タスク実行順序がケース1とは異なったことが図3(c)よりわかる。ケース3では、PM操作手順タスクNo.9の不実施がシステムから出力された(図3(c))。これらのワークロード超過事象、タスク実施順序不整合及び不実施事象については次節にて検討する。なお、各ケースのシミュレーション結果詳細を付録1に示した。

表3. 数値シミュレーション・ケース表

ケース No.	飛行データ記録(進入着陸) 概要	
	飛行履歴	システム履歴
1	通常	通常(ベースライン)
2	1と同一	実施速度高 & タイミング厳
3	1と同一	Flaps 25 不使用 . Flaps 20 から 30へ直接展開.

表4. 飛行データ項目(抜粋)

Flight Parameters		System Parameters	
○Altitude	(ft)	Gear Status	(-)
Radio Altitude	(ft)	○Gear Lever	(-)
Rate of Climb	(fpm)	Flap Position	(-)
○Airspeed	(kt)	○Flap Lever	(-)
Pitch Angle	(deg)	○Altitude Com.	(ft)
Bank Angle	(deg)	○Airspeed Com.	(kt)
Heading Angle	(deg)	○Heading Com.	(deg)
Track Angle	(deg)	○AP Mode (Pitch)	(-)
○DME	(nm)	○AP Mode (Roll)	(-)
○Bearing	(deg)	○A/T Mode	(-)

○ 作業検知に利用
○ 不可観測手順タスク実施タイミング推定に利用

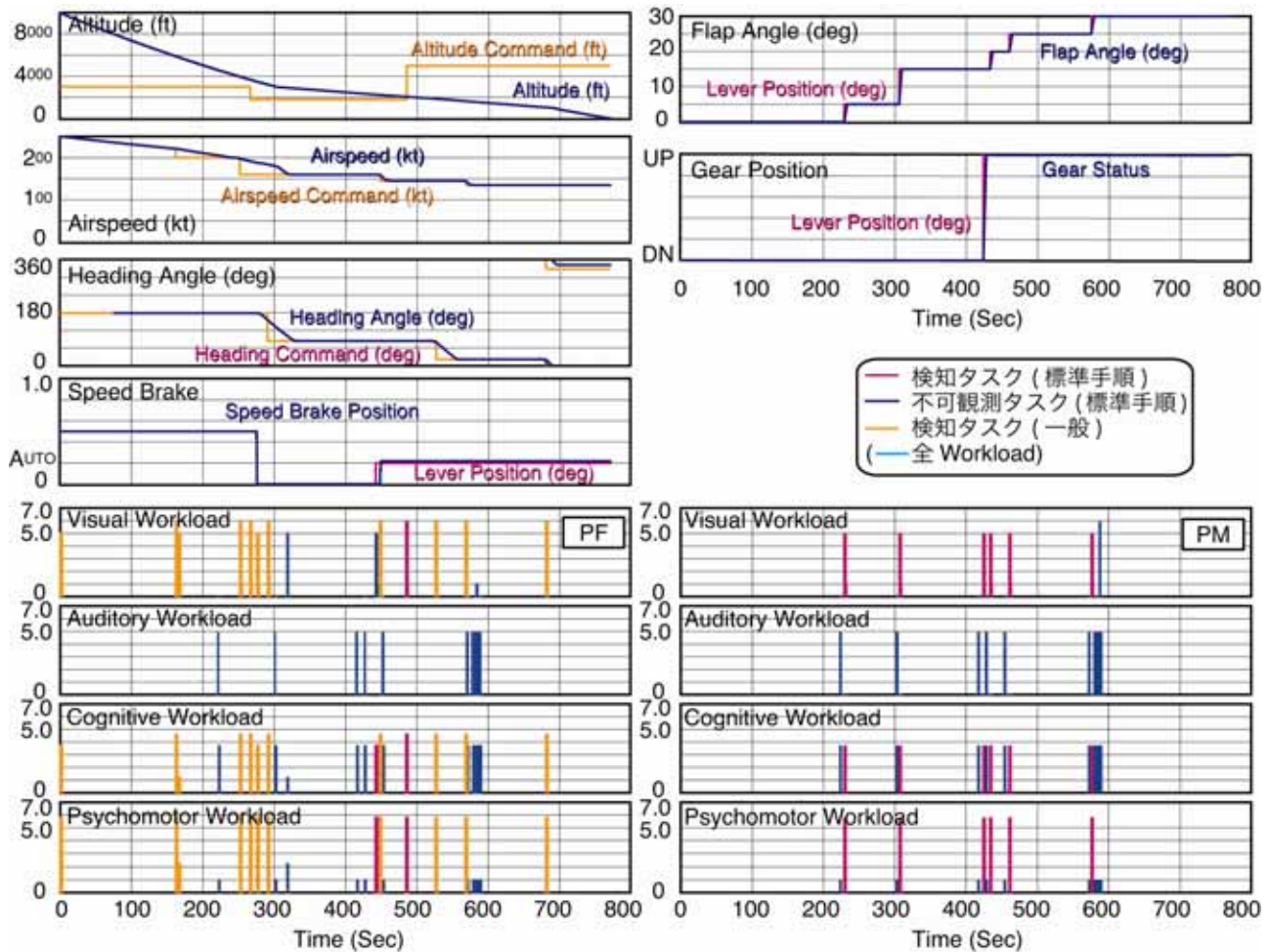
4.3 検討

(1) 本ルーチンによる不安全事故の推定について

上記の結果から、本ルーチンはそれぞれのケースにおけるパイロットの手順実施状況を再構築することができ、パフォーマンスの相違を手順実行順序、手順タスクの不実施及び過大ワークロード事象の発生などの形式で出力できることが示された。この方法により、現在広く行われている、飛行パラメータの逸脱のみに着目した安全解析と比較して、標準操作手順やワークロード状態といった、より深遠あるいは予防的な安全分析が可能になると考えられる。例えば、構築された乗員行動データを蓄積・統計分析するなどして、特定機種あるいは特定の進入方式などに関わる潜在的な不安全事故要素を、標準操作手順遂行のレベルから抽出する等の応用が可能と考えられる。以下の考察では、本ルーチンの利用可能範囲や機能上の制約及び今後必要となる開発要素や検証実験について検討する。

(2) ワークロード推定について

一般に、航空機の操作手順は全てのタスクが適切なワークロード状態で完遂可能となるよう十分設計されている。これを本ルーチンで用いたTAWLワークロード指標を基に考えると、設計上(V, A, C, P)ワークロード値が全ての飛行フェーズにて7.0(最大値)を超えないことを意味している。このため、ケース2のワークロード値

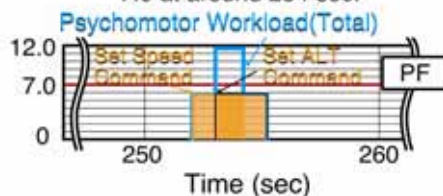


(a)飛行及びワークロード（タスク）時歴（ケース 1）

(c)ログ出力

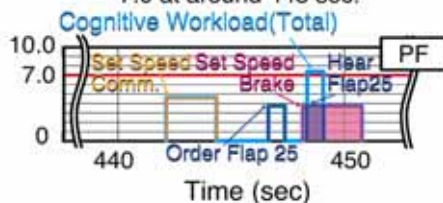
事象 1

Psychomotor (, Visual and Cognitive) workload exceeded 7.0 at around 254 sec.



事象 2

Cognitive workload exceeded 7.0 at around 448 sec.



(b)過大ワークロード事象（ケース 2）

ケース 1	
Results	All the SOP tasks were completed.
Task Order	PF 1, 2, 3, ..., 14, 15 PNF 1, 2, 3, ..., 16, 17
ケース 2	
Results	All the SOP tasks were completed.
Task Order	PF: 1, 2, ..., 5, <u>7</u> , <u>6</u> , 8, ..., 14, 15 PNF: 1, 2, ..., 16, 17
ケース 3	
Results	<u>PNF Procedure No.9 was not performed.</u>
Task Order	PF 1, 2, 3, ..., 14, 15 PNF: 1, 2, ..., <u>8</u> , <u>10</u> , ..., 16, 17
Note: (SOP: Standard Operational Procedure=標準操作手順)	
PF: 6: Set Speed Brake AUTO	
7: Order Flap 25	
PNF: 9: Set Flap 25	

図 3 シミュレーション結果

が 7.0 を超えた事象は不安全事象であるかのように見えるが、本ルーチンによるデータ再構築方法の制限事項を後述のように十分考慮した上で、不安全事象の可能性高低を判定する必要がある。

ケース 2 において発生した 2 つの事象を詳細検討した

のが表 6 である。事象 1 では、2 つの検知タスク・アイテム間で干渉が生じている。これに類似する出力が得られる状況として、2 つの可能性が考えられる。一つは、何らかの原因で実際にワークロードが高く、複数のタスク・アイテムを迅速に行わざるを得なかった状況である。

表 6. 過大ワークロード事象の分析

タスク干渉		タスク分類	干渉の原因
事象 1	(Ev1-a) Set Speed Comm.	検知一般	モデルはタスク (Ev1-a) 完遂前に、タスク (Ev1-b) を開始した。(Ev1-a) は検知タスクのため、時刻条件で強制開始となった。実際のタスク実施に消費した時間は、モデルの標準人間特性データベース値よりも早かったと考えられる。
	(Ev1-b) Set Altitude Comm.	検知一般	
事象 2	(Ev2-a) Set Speed Brake	検知手順	不可観測タスク (Ev2-b) の開始条件が成立したが、(Ev2-a) 実施によるワークロード・リソース不足状態のため (Ev2-b) を開始することができなかった。(Ev2-b) の開始条件が不成立となってしまったため、(Ev2-b) 開始時刻をこの直前と決定し、(Ev2-b) を強制実施した。
	(Ev2-b) Hear Flap 25	不可観測手順	

もう一つは、実際にはワークロードが高い状況は存在せず、単に当該パイロットの作業速度がモデルで用いた標準速度よりも速かった場合である。これらのうち、どちらの可能性が高いかを調べるためには、同事象前後のワークロード状況を検討することが有効と考えられる（事象 1 の場合は、後者の可能性が高い）。事象 2 では、検知タスク実施によるワークロード発生のため、モデルは不可観測操縦手順タスク（タスク分類-2）の実施タイミングを見つけないことができず、その結果として強制実行によりタスク実施タイミングを決定し高ワークロード値が出力された。

本ツールで再構築される行動は、組み込んだ計算機人間モデルの標準的作業速度などの仮定にもとづくため、必ずしも実際の飛行における個々の行動を正確に再現するものではない。しかしながら、この方法による構築では、多種多様な飛行データ記録を一定の仮定・規則で処理しているためそれらの相対比較を客観的に行うことが可能となる。これらを用いて不安全事象を抽出するためには、そのしきい値を適切に決定することが重要となり、そのためには一定量以上のデータベース収集に基づく検討が必要となる。このためには、まず飛行シミュレーションによる実験とデータ収集及び検討を行い、その後実飛行データの収集へと移行していくことが望ましい。飛行シミュレーションでは、飛行データ記録に加えてパイロット行動のビデオ映像等を並行して記録することが容易であり、不安全事象抽出用しきい値の検討などに有効となる。また、研究・開発の立場からも本システムにより構築されるデータの有意性検証を行うために飛行シミュレーション実験が必須となる。

(3) 標準操作手順実施順序について

ケース 2 における操作手順タスク実施順序は、ベースラインであるケース 1 とは異なっていたが、このことは必ずしも標準操作手順からの逸脱を意味するとは限らないと考えられる。これは、様々に変化する実際の飛行状況に対応するために、パイロットは安全を高める目的で意図的にタスク・アイテムの実施順序を変更することやタスク・アイテム自体を省略することがあり得るためである。手順タスク実施順序はこのような性質を持つため、一意に安全・不安全を判定することは難しいが、一方で、

このようなデータの収集・分析を行うことで特異な手順実施順序パターンを発見するなど、潜在的な不安全事象の抽出に有効となりうると考えられる。

(4) 実施者の推定について

本システムでは、検知タスクの動作実施者は、標準操作手順及び AOR にもとづいて決定している。これは、飛行データ記録に作業の実施者に関する情報が含まれていないためである。実際の運航では他者のワークロードが過多となっているために、もう一方がタスクを補完して実施するような場合が起こりうる。これは運航安全を高める目的では好ましい行動であるといえる。本ルーチンでは、このような状況を再構築することは不可能であるため、上記仮定のもとでタスク実施者を決定し、ワークロードを推定して出力している。この結果、片方のパイロットのワークロードが過多であった等の出力が起こりうる。しかし、上記のシステム制限を理解の上で、本出力は個人ではなくチームとしてのパフォーマンス出力であるとの認識に立って分析を行うことで、潜在的な不安全事象の抽出に十分に有用となりうると考えられる。

(5) 不可観測な一般タスクについて

本システムでは、不可観測一般タスク（タスク分類-4）を推定することは不可能である。これには標準手順には含まれない乗員間のコミュニケーションや管制との通信、FMS のキー入力をはじめとする飛行データには記録されない機器操作等、いくつかの重要なタスクも含まれている。現時点では、筆者らは、これらのタスクに関してワークロード過多等の何らかの不安全要素が存在した場合にも、これらの作業として並行して行われている標準手順の実施パフォーマンスに影響が生じ、その結果 OPSAMS 出力に反映されるとの仮説を立てている。これについても飛行シミュレーション実験により検証していく必要がある。

5. おわりに

OPSAMS に用いるための乗員行動再構築ルーチンを試作し、3 種類の進入・着陸飛行データからの行動再構築に応用した。これらの結果をもとに、本ルーチンにより出力される推定操作手順パフォーマンスの特性と安全

性解析への有用性を検討した。本ルーチンの特徴は以下のようにまとめられる。

- (1) 乗員行動再構築ルーチンは、飛行データ記録をもとに飛行中の標準操作手順及び機器操作に関わるパイロット行動を再構築する。
- (2) 標準操作手順タスク完遂／未完遂、実施順序及びワークロード状況を、組み込まれた計算機人間モデルによって推定し、操作手順実施に関わるパフォーマンスとして出力する。
- (3) これらの出力を、操作手順の実施に関わる潜在的な不安全事象の抽出や傾向分析等に利用することにより、より予防的な安全解析に有用となりうる。

現在、同システムによるパフォーマンス推定の有意性を実験データを用いて検証することを目的とした人間パイロットによる飛行シミュレーション実験を計画している。これらの実験により得られる知見から、本システムのより詳細な利点及び制限事項が明らかになると共に、不安全要素判定のためのしきい値に関わる基礎データも蓄積可能となると考えている。

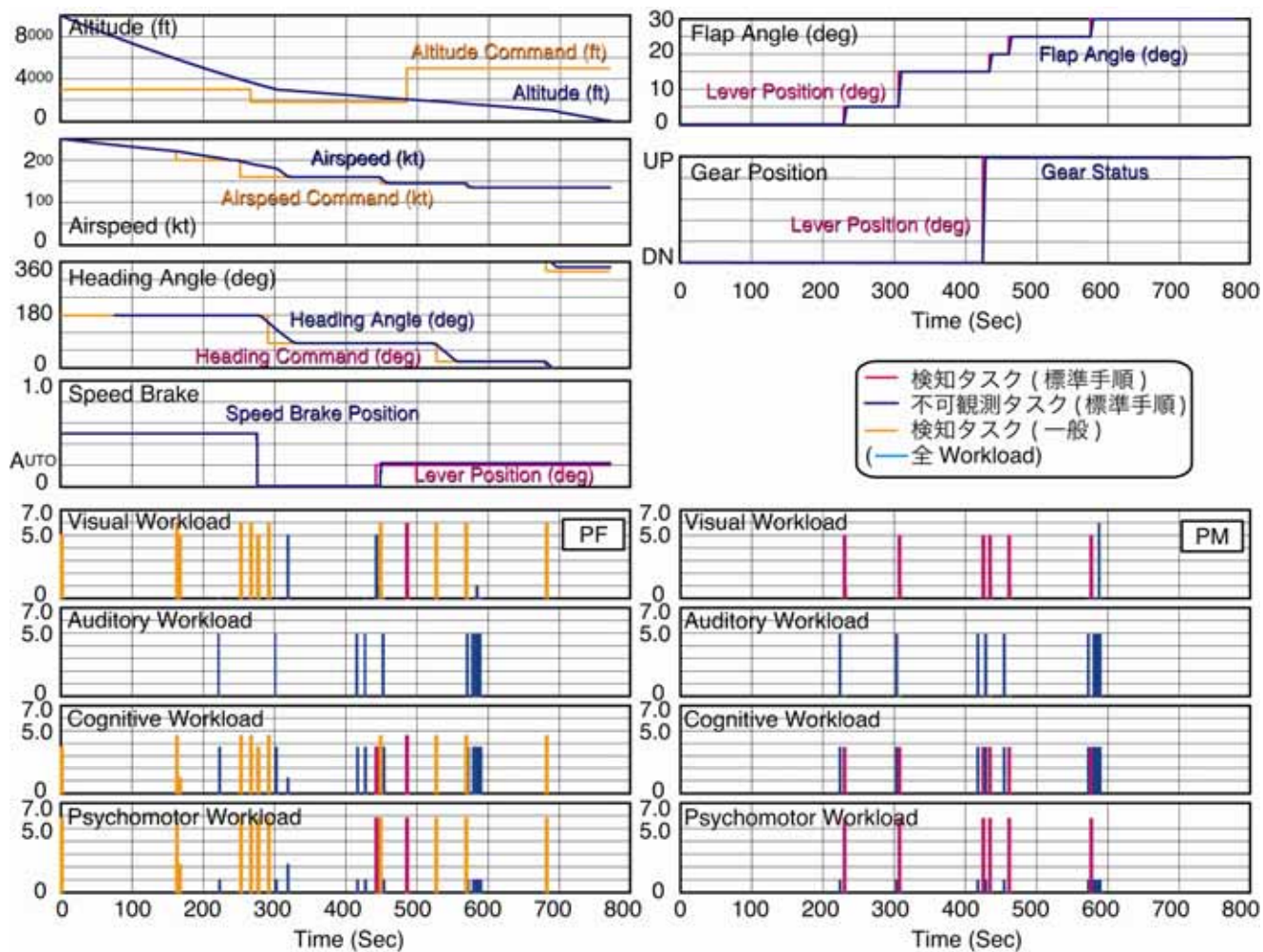
参考文献

- 1) Anon., Accident prevention and flight safety programme. International Standards and Recommended Practices Annex 6, Part 1, Chapter 3.2, International Civil Aviation Organization (1999).
- 2) Callantine, T., Analysis of Flight Operational Quality Assurance Data Using Model-Based Activity Tracking. SAE Technical Paper 2001-01-2640 (2001).
- 3) Graeber, C., and Moodi, M., Understanding Flight Crew Adherence to Procedures: The Procedural Event Analysis Tool (PEAT), Flight Safety Foundation International Air Safety Seminar(1998).
- 4) Muraoka, K., and Okada, N., FBSS-RAIS Flight Crew Behavior Simulation System - Reconstruction of Accident / Incident Scenario. AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, AIAA-2000-4587 (2000).
- 5) 津田宏果, 村岡浩治, コックピット・ワークロード推算プログラムの開発, 第 43 回飛行機シンポジウム 3G5 (2005).
- 6) Hamilton, D., Vierbaum, G., and Fulford, L., Task Analysis/Workload (TAWL) User's Guide: Version 4.0. , U.S. Army Research Institute Research Product 91-11 (1991).
- 7) Corker, K., Cognitive Models and Control: Human and System Dynamics in Advanced Airspace Operations. in N. Sarter and R. Amalberti (Eds.) Cognitive Engineering in the Aviation Domain (2000).
- 8) 村岡浩治, 岡田典秋, 山本亮二, 一倉洋, 日常運航データ再生ツール DRAP, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 RR-05-011 (2005).
- 9) Muraoka, K., and Tsuda, H., Flight Crew Task Reconstruction for Flight Data Analysis, Proceedings of the 50th Annual Meeting of Human Factors and Ergonomic Society, p.1194-1198 (2006).

付録 1. 数値シミュレーション結果

付表 1 ログ概要出力 (ケース 1)

Results	All the SOP tasks were completed																	
Procedure	PF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
Task Order	PM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17



付図 1 飛行及びワークロード (タスク) 時歴 (ケース 1)

付表2 詳細タスク・ログ出力 (ケース1, PF)

Goal ID	GoalName (and Leaf Name)	ID Origin	Task Category	Goal TrigdBy	Start	End	Workload			
					Time (sec)		V	A	C	P
0	Order Flap 5	1	0	3	222.3	223.0	0.0	4.9	3.7	1.0
1	Order Flap 15	2	0	3	301.7	302.4	0.0	4.9	3.7	1.0
2	Set LNDSwitch	3	0	3	318.1	319.7	5.0	0.0	1.2	2.2
2	Check LNDSwitch	3	0	3	319.8	320.0	1.0	0.0	0.0	0.0
3	Hear Flap 5	999	0	3	223.3	224.0	0.0	4.9	3.7	1.0
4	Hear Flap 15	999	0	3	302.7	303.4	0.0	4.9	3.7	1.0
5	Hear Gear Down	999	0	3	416.8	417.5	0.0	4.9	3.7	1.0
6	Order Gear Down	4	0	3	415.8	416.5	0.0	4.9	3.7	1.0
7	Order Flap 20	5	0	3	426.8	427.5	0.0	4.9	3.7	1.0
8	Set SpeedBrake	6	1	2	441.3	443.9	5.0	0.0	3.7	5.8
8	Check SpeedBrake	6	1	2	444.0	444.3	1.0	0.0	0.0	0.0
9	Hear Flaps 20	999	0	3	427.8	428.5	0.0	4.9	3.7	1.0
10	Hear Flaps 25	999	0	3	453.7	454.4	0.0	4.9	3.7	1.0
11	Order Flap 25	7	0	3	452.7	453.4	0.0	4.9	3.7	1.0
12	Set AltKnob	8	1	2	484.7	486.9	5.9	0.0	4.6	5.8
12	Check AltKnob	8	1	2	487.0	487.2	1.0	0.0	0.0	0.0
13	Hear Flaps 30	999	0	3	572.6	573.3	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Order Flap 30	9	0	3	571.6	572.3	0.0	4.9	3.7	1.0
15	Order Landing Check List	10	0	3	577.7	578.7	0.0	4.9	3.7	1.0
16	Hear "Landing Checklist, Gear"	11	0	3	581.3	582.5	0.0	4.9	3.7	1.0
16	Check GPOS@MFD	11	0	3	582.6	583.8	5.9	0.0	1.0	0.0
17	Callout Checked	12	0	3	583.9	584.2	0.0	4.9	3.7	1.0
18	Hear Speedbrake	13	0	3	585.4	585.8	0.0	4.9	3.7	1.0
18	Check SpeedBrake	13	0	3	585.9	586.2	1.0	0.0	0.0	0.0
19	Hear Flaps	999	0	3	586.9	587.3	0.0	4.9	3.7	1.0
20	Callout Checked	14	0	3	586.3	586.6	0.0	4.9	3.7	1.0
21	Hear Flaps 30	15	0	3	589.9	590.6	0.0	4.9	3.7	1.0
21	Callout Checklist Complete	15	0	3	590.8	591.5	0.0	4.9	3.7	1.0
22	Set AltKnob	888	2	2	265.8	268.0	5.9	0.0	4.6	5.8
22	Check AltKnob	888	2	2	268.1	268.3	1.0	0.0	0.0	0.0
23	Set SpdKnob	888	2	2	161.4	163.6	5.9	0.0	4.6	5.8
23	Check SpdKnob	888	2	2	163.7	163.9	1.0	0.0	0.0	0.0
24	Set SpdKnob	888	2	2	251.2	253.4	5.9	0.0	4.6	5.8
24	Check SpdKnob	888	2	2	253.5	253.7	1.0	0.0	0.0	0.0
25	Set SpdKnob	888	2	2	447.5	449.7	5.9	0.0	4.6	5.8
25	Check SpdKnob	888	2	2	449.8	450.0	1.0	0.0	0.0	0.0
26	Set SpdKnob	888	2	2	567.8	570.0	5.9	0.0	4.6	5.8
26	Check SpdKnob	888	2	2	570.1	570.3	1.0	0.0	0.0	0.0
27	Set HdgKnob	888	2	2	290.1	292.3	5.9	0.0	4.6	5.8
27	Check HdgKnob	888	2	2	292.4	292.6	1.0	0.0	0.0	0.0
28	Set HdgKnob	888	2	2	526.1	528.3	5.9	0.0	4.6	5.8
28	Check HdgKnob	888	2	2	528.4	528.6	1.0	0.0	0.0	0.0
29	Set HdgKnob	888	2	2	680.2	682.4	5.9	0.0	4.6	5.8
29	Check HdgKnob	888	2	2	682.5	682.7	1.0	0.0	0.0	0.0
30	Set SpdKnobSw	888	2	2	166.3	167.8	5.0	0.0	1.2	2.2
30	Check SpdKnobSw	888	2	2	167.9	168.1	1.0	0.0	0.0	0.0
31	Set SpeedBrake	888	2	2	0.1	2.7	5.0	0.0	3.7	5.8
31	Check SpeedBrake	888	2	2	2.8	3.1	1.0	0.0	0.0	0.0
32	Set SpeedBrake	888	2	2	275.2	277.8	5.0	0.0	3.7	5.8
32	Check SpeedBrake	888	2	2	277.9	278.2	1.0	0.0	0.0	0.0

注：各列の数値に対応する内容はPM 詳細ログ表（付表3）欄外を参照のこと。

付表3 詳細タスク・ログ出力 (ケース1, PM)

Goal ID	Goal Name (and Leaf Name)	ID Origin	Task Category	Goal TrigdBy	Start	End	Workload			
					Time (sec)		V	A	C	P
0	Hear Flap 5	1	0	3	223.1	223.8	0.0	4.9	3.7	1.0
0	Readback Flap 5	1	0	3	224.0	224.7	0.0	4.9	3.7	1.0
1	Set FlapLever	2	1	2	228.9	231.4	5.0	0.0	3.7	5.8
1	Check FlapLever	2	1	2	231.5	231.9	1.0	0.0	0.0	0.0
2	Hear Flap 15	3	0	3	302.5	303.2	0.0	4.9	3.7	1.0
2	Readback Flap 15	3	0	3	303.4	304.1	0.0	4.9	3.7	1.0
3	Set FlapLever	4	1	2	305.6	308.1	5.0	0.0	3.7	5.8
3	Check FlapLever	4	1	2	308.2	308.6	1.0	0.0	0.0	0.0
4	Hear Gear Down	5	0	3	416.6	417.3	0.0	4.9	3.7	1.0
4	Readback Gear Down	5	0	3	417.5	418.2	0.0	4.9	3.7	1.0
5	Set GearLever	6	1	2	423.6	426.3	5.0	0.0	3.7	5.8
5	Check GearLever	6	1	2	426.4	426.6	1.0	0.0	0.0	0.0
6	Hear Flap 20	7	0	3	427.6	428.3	0.0	4.9	3.7	1.0
6	Readback Flaps 20	7	0	3	428.5	429.2	0.0	4.9	3.7	1.0
7	Set FlapLever	8	1	2	432.8	435.3	5.0	0.0	3.7	5.8
7	Check FlapLever	8	1	2	435.4	435.8	1.0	0.0	0.0	0.0
8	Hear Flap 25	9	0	3	453.5	454.2	0.0	4.9	3.7	1.0
8	Readback Flaps 25	9	0	3	454.4	455.1	0.0	4.9	3.7	1.0
9	Set FlapLever	10	1	2	460.0	462.5	5.0	0.0	3.7	5.8
9	Check FlapLever	10	1	2	462.6	463.0	1.0	0.0	0.0	0.0
10	Hear Flap 30	11	0	3	572.4	573.1	0.0	4.9	3.7	1.0
10	Readback Flaps 30	11	0	3	574.5	575.2	0.0	4.9	3.7	1.0
11	Set FlapLever	12	1	2	574.5	577.0	5.0	0.0	3.7	5.8
11	Check FlapLever	12	1	2	577.1	577.5	1.0	0.0	0.0	0.0
12	Hear Landing Check List	13	0	3	578.8	579.9	0.0	4.9	3.7	1.0
12	Callout "Landing Checklist, Gear"	13	0	3	580.1	581.1	0.0	4.9	3.7	1.0
13	Hear Checked	14	0	3	584.3	584.7	0.0	4.9	3.7	1.0
13	Callout Speedbrake	14	0	3	584.9	585.2	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Hear Checked	15	0	3	586.7	587.1	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Callout Flaps	15	0	3	587.3	587.6	0.0	4.9	3.7	1.0
15	Check Flap@MFD	16	0	3	587.7	588.9	5.9	0.0	1.0	0.0
16	Hear Checklist Complete	999	0	3	590.0	590.7	0.0	4.9	3.7	1.0
17	Callout Flaps 30	17	0	3	589.0	589.7	0.0	4.9	3.7	1.0

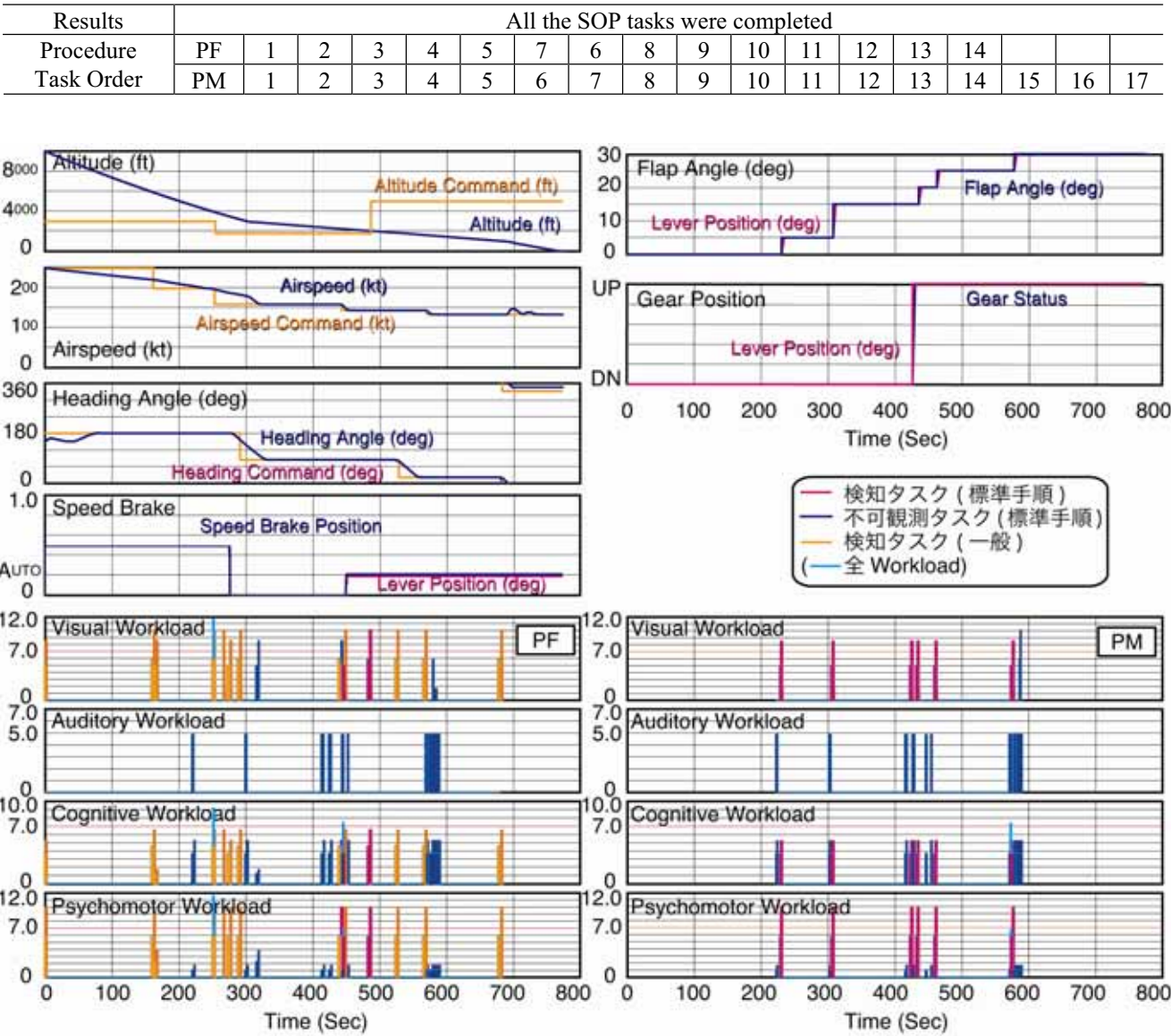
Goal ID : タスク番号

ID Origin : 0~99 = 標準手順タスク, 888=標準手順外検知タスク, 999=標準手順タスク(他者発話聞きとり)

Task Category : 0=不可観測タスク (標準手順), 1=検知タスク (標準手順), 2=検知タスク (標準手順外)

Goal Triggered By : 0=実施されず, 1=開始条件終了時強制, 2= (検知) 時刻, 3=開始条件及び Workload

付表 4 ログ概要出力（ケース 2）



付図 2 飛行及びワークロード（タスク）時歴（ケース 2）

付表 5 詳細タスク・ログ出力 (ケース 2, PF)

Goal ID	GoalName (and Leaf Name)	ID Origin	Task Category	Goal TrigdBy	Start	End	Workload			
					Time (sec)		V	A	C	P
0	Order Flap 5	1	0	3	222.3	223.0	0.0	4.9	3.7	1.0
1	Order Flap 15	2	0	3	301.7	302.4	0.0	4.9	3.7	1.0
2	Set LNDSwitch	3	0	3	318.1	319.7	5.0	0.0	1.2	2.2
2	Check LNDSwitch	3	0	3	319.8	320.0	1.0	0.0	0.0	0.0
3	Hear Flap 5	999	0	3	223.3	224.0	0.0	4.9	3.7	1.0
4	Hear Flap 15	999	0	3	302.7	303.4	0.0	4.9	3.7	1.0
5	Hear Gear Down	999	0	3	416.8	417.5	0.0	4.9	3.7	1.0
6	Order Gear Down	4	0	3	415.8	416.5	0.0	4.9	3.7	1.0
7	Order Flap 20	5	0	3	426.8	427.5	0.0	4.9	3.7	1.0
8	Set SpeedBrake	6	1	2	447.5	450.1	5.0	0.0	3.7	5.8
8	Check SpeedBrake	6	1	2	450.2	450.5	1.0	0.0	0.0	0.0
9	Hear Flaps 20	999	0	3	427.8	428.5	0.0	4.9	3.7	1.0
10	Hear Flaps 25	999	0	1	448.2	448.9	0.0	4.9	3.7	1.0
11	Order Flap 25	7	0	3	446.5	447.2	0.0	4.9	3.7	1.0
12	Set AltKnob	8	1	2	484.7	486.9	5.9	0.0	4.6	5.8
12	Check AltKnob	8	1	2	487.0	487.2	1.0	0.0	0.0	0.0
13	Hear Flaps 30	999	0	3	572.6	573.3	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Order Flap 30	9	0	3	571.6	572.3	0.0	4.9	3.7	1.0
15	Order Landing Check List	10	0	3	577.7	578.7	0.0	4.9	3.7	1.0
16	Hear "Landing Checklist, Gear"	11	0	3	581.3	582.5	0.0	4.9	3.7	1.0
16	Check GPOS@MFD	11	0	3	582.6	583.8	5.9	0.0	1.0	0.0
17	Callout Checked	12	0	3	583.9	584.2	0.0	4.9	3.7	1.0
18	Hear Speedbrake	13	0	3	585.4	585.8	0.0	4.9	3.7	1.0
18	Check SpeedBrake	13	0	3	585.9	586.2	1.0	0.0	0.0	0.0
19	Hear Flaps	999	0	3	586.9	587.3	0.0	4.9	3.7	1.0
20	Callout Checked	14	0	3	586.3	586.6	0.0	4.9	3.7	1.0
21	Hear Flaps 30	15	0	3	589.9	590.6	0.0	4.9	3.7	1.0
21	Callout Checklist Complete	15	0	3	590.8	591.5	0.0	4.9	3.7	1.0
22	Set AltKnob	888	2	2	253.7	255.9	5.9	0.0	4.6	5.8
22	Check AltKnob	888	2	2	256.0	256.2	1.0	0.0	0.0	0.0
23	Set SpdKnob	888	2	2	161.4	163.6	5.9	0.0	4.6	5.8
23	Check SpdKnob	888	2	2	163.7	163.9	1.0	0.0	0.0	0.0
24	Set SpdKnob	888	2	2	252.4	254.6	5.9	0.0	4.6	5.8
24	Check SpdKnob	888	2	2	254.7	254.9	1.0	0.0	0.0	0.0
25	Set SpdKnob	888	2	2	441.3	443.5	5.9	0.0	4.6	5.8
25	Check SpdKnob	888	2	2	443.6	443.8	1.0	0.0	0.0	0.0
26	Set SpdKnob	888	2	2	567.8	570.0	5.9	0.0	4.6	5.8
26	Check SpdKnob	888	2	2	570.1	570.3	1.0	0.0	0.0	0.0
27	Set HdgKnob	888	2	2	290.1	292.3	5.9	0.0	4.6	5.8
27	Check HdgKnob	888	2	2	292.4	292.6	1.0	0.0	0.0	0.0
28	Set HdgKnob	888	2	2	526.1	528.3	5.9	0.0	4.6	5.8
28	Check HdgKnob	888	2	2	528.4	528.6	1.0	0.0	0.0	0.0
29	Set HdgKnob	888	2	2	680.2	682.4	5.9	0.0	4.6	5.8
29	Check HdgKnob	888	2	2	682.5	682.7	1.0	0.0	0.0	0.0
30	Set SpdKnobSw	888	2	2	166.3	167.8	5.0	0.0	1.2	2.2
30	Check SpdKnobSw	888	2	2	167.9	168.1	1.0	0.0	0.0	0.0
31	Set SpeedBrake	888	2	2	0.1	2.7	5.0	0.0	3.7	5.8
31	Check SpeedBrake	888	2	2	2.8	3.1	1.0	0.0	0.0	0.0
32	Set SpeedBrake	888	2	2	275.2	277.8	5.0	0.0	3.7	5.8
32	Check SpeedBrake	888	2	2	277.9	278.2	1.0	0.0	0.0	0.0

注：各列の数値に対応する内容は PM 詳細ログ表（付表 6）欄外を参照のこと。

付表 6 詳細タスク・ログ出力 (ケース 2, PM)

Goal ID	Goal Name (and Leaf Name)	ID Origin	Task Category	Goal TrigdBy	Start	End	Workload			
					Time (sec)		V	A	C	P
0	Hear Flap 5	1	0	3	223.1	223.8	0.0	4.9	3.7	1.0
0	Readback Flap 5	1	0	3	224.0	224.7	0.0	4.9	3.7	1.0
1	Set FlapLever	2	1	3	228.9	231.4	5.0	0.0	3.7	5.8
1	Check FlapLever	2	1	3	231.5	231.9	1.0	0.0	0.0	0.0
2	Hear Flap 15	3	0	3	302.5	303.2	0.0	4.9	3.7	1.0
2	Readback Flap 15	3	0	3	303.4	304.1	0.0	4.9	3.7	1.0
3	Set FlapLever	4	1	3	305.6	308.1	5.0	0.0	3.7	5.8
3	Check FlapLever	4	1	3	308.2	308.6	1.0	0.0	0.0	0.0
4	Hear Gear Down	5	0	3	416.6	417.3	0.0	4.9	3.7	1.0
4	Readback Gear Down	5	0	2	417.5	418.2	0.0	4.9	3.7	1.0
5	Set GearLever	6	1	2	423.6	426.3	5.0	0.0	3.7	5.8
5	Check GearLever	6	1	3	426.4	426.6	1.0	0.0	0.0	0.0
6	Hear Flap 20	7	0	1	427.6	428.3	0.0	4.9	3.7	1.0
6	Readback Flaps 20	7	0	3	428.5	429.2	0.0	4.9	3.7	1.0
7	Set FlapLever	8	1	2	432.8	435.3	5.0	0.0	3.7	5.8
7	Check FlapLever	8	1	2	435.4	435.8	1.0	0.0	0.0	0.0
8	Hear Flap 25	9	0	3	447.3	448.0	0.0	4.9	3.7	1.0
8	Readback Flaps 25	9	0	3	448.2	448.9	0.0	4.9	3.7	1.0
9	Set FlapLever	10	1	3	460.0	462.5	5.0	0.0	3.7	5.8
9	Check FlapLever	10	1	3	462.6	463.0	1.0	0.0	0.0	0.0
10	Hear Flap 30	11	0	3	572.4	573.1	0.0	4.9	3.7	1.0
10	Readback Flaps 30	11	0	3	574.5	575.2	0.0	4.9	3.7	1.0
11	Set FlapLever	12	1	3	574.5	577.0	5.0	0.0	3.7	5.8
11	Check FlapLever	12	1	3	577.1	577.5	1.0	0.0	0.0	0.0
12	Hear Landing Check List	13	0	3	578.8	579.9	0.0	4.9	3.7	1.0
12	Callout "Landing Checklist, Gear"	13	0	3	580.1	581.1	0.0	4.9	3.7	1.0
13	Hear Checked	14	0	3	584.3	584.7	0.0	4.9	3.7	1.0
13	Callout Speedbrake	14	0	3	584.9	585.2	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Hear Checked	15	0	2	586.7	587.1	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Callout Flaps	15	0	2	587.3	587.6	0.0	4.9	3.7	1.0
15	Check Flap@MFD	16	0	2	587.7	588.9	5.9	0.0	1.0	0.0
16	Hear Checklist Complete	999	0	2	590.0	590.7	0.0	4.9	3.7	1.0
17	Callout Flaps 30	17	0	2	589.0	589.7	0.0	4.9	3.7	1.0

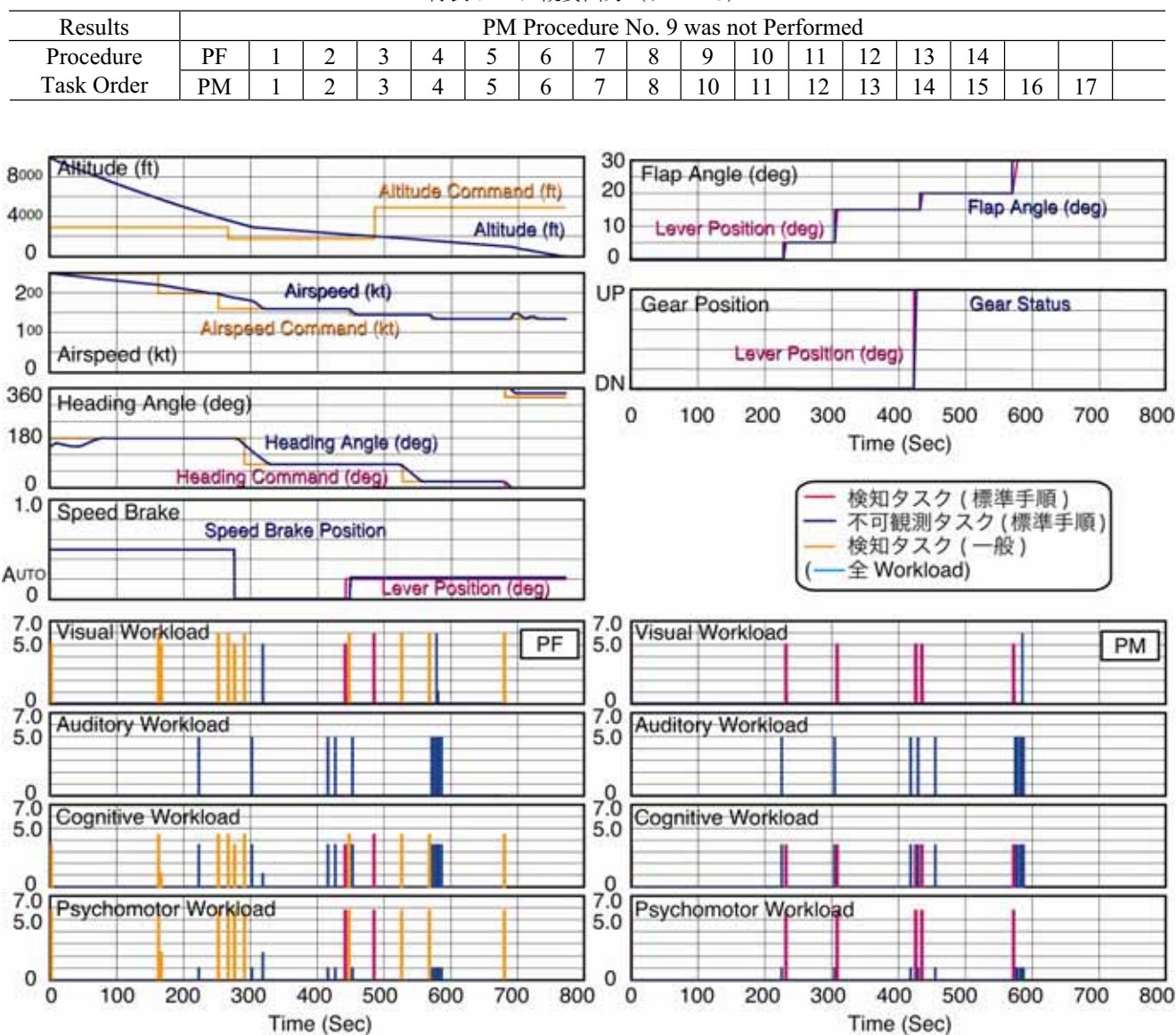
Goal ID : タスク番号

ID Origin : 0~99 = 標準手順タスク, 888=標準手順外検知タスク, 999=標準手順タスク(他者発話聞きとり)

Task Category : 0=不可観測タスク (標準手順), 1=検知タスク (標準手順), 2=検知タスク (標準手順外)

Goal Triggered By : 0=実施されず, 1=開始条件終了時強制, 2= (検知) 時刻, 3=開始条件及び Workload

付表7 ログ概要出力 (ケース3)



付図3 飛行及びワークロード (タスク) 時歴 (ケース3)

付表 8 詳細タスク・ログ出力 (ケース 3, PF)

Goal ID	GoalName (and Leaf Name)	ID Origin	Task Category	Goal TrigdBy	Start	End	Workload			
					Time (sec)		V	A	C	P
0	Order Flap 5	1	0	3	222.3	223.0	0.0	4.9	3.7	1.0
1	Order Flap 15	2	0	3	301.7	302.4	0.0	4.9	3.7	1.0
2	Set LNDSwitch	3	0	3	318.1	319.7	5.0	0.0	1.2	2.2
2	Check LNDSwitch	3	0	3	319.8	320.0	1.0	0.0	0.0	0.0
3	Hear Flap 5	999	0	3	223.3	224.0	0.0	4.9	3.7	1.0
4	Hear Flap 15	999	0	3	302.7	303.4	0.0	4.9	3.7	1.0
5	Hear Gear Down	999	0	3	416.8	417.5	0.0	4.9	3.7	1.0
6	Order Gear Down	4	0	3	415.8	416.5	0.0	4.9	3.7	1.0
7	Order Flap 20	5	0	3	426.8	427.5	0.0	4.9	3.7	1.0
8	Set SpeedBrake	6	1	2	441.3	443.9	5.0	0.0	3.7	5.8
8	Check SpeedBrake	6	1	2	444.0	444.3	1.0	0.0	0.0	0.0
9	Hear Flaps 20	999	0	3	427.8	428.5	0.0	4.9	3.7	1.0
10	Hear Flaps 25	999	0	3	453.7	454.4	0.0	4.9	3.7	1.0
11	Order Flap 25	7	0	3	452.7	453.4	0.0	4.9	3.7	1.0
12	Set AltKnob	8	1	2	484.7	486.9	5.9	0.0	4.6	5.8
12	Check AltKnob	8	1	2	487.0	487.2	1.0	0.0	0.0	0.0
13	Hear Flaps 30	999	0	3	573.4	574.1	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Order Flap 30	9	0	3	571.6	572.3	0.0	4.9	3.7	1.0
15	Order Landing Check List	10	0	3	574.3	575.3	0.0	4.9	3.7	1.0
16	Hear "Landing Checklist, Gear"	11	0	3	577.9	579.1	0.0	4.9	3.7	1.0
16	Check GPOS@MFD	11	0	3	579.2	580.4	5.9	0.0	1.0	0.0
17	Callout Checked	12	0	3	580.5	580.8	0.0	4.9	3.7	1.0
18	Hear Speedbrake	13	0	3	582.0	582.4	0.0	4.9	3.7	1.0
18	Check SpeedBrake	13	0	3	582.5	582.8	1.0	0.0	0.0	0.0
19	Hear Flaps	999	0	3	583.5	583.9	0.0	4.9	3.7	1.0
20	Callout Checked	14	0	3	582.9	583.2	0.0	4.9	3.7	1.0
21	Hear Flaps 30	15	0	3	586.5	587.2	0.0	4.9	3.7	1.0
21	Callout Checklist Complete	15	0	3	587.4	588.1	0.0	4.9	3.7	1.0
22	Set AltKnob	888	2	2	265.8	268.0	5.9	0.0	4.6	5.8
22	Check AltKnob	888	2	2	268.1	268.3	1.0	0.0	0.0	0.0
23	Set SpdKnob	888	2	2	161.4	163.6	5.9	0.0	4.6	5.8
23	Check SpdKnob	888	2	2	163.7	163.9	1.0	0.0	0.0	0.0
24	Set SpdKnob	888	2	2	251.2	253.4	5.9	0.0	4.6	5.8
24	Check SpdKnob	888	2	2	253.5	253.7	1.0	0.0	0.0	0.0
25	Set SpdKnob	888	2	2	447.5	449.7	5.9	0.0	4.6	5.8
25	Check SpdKnob	888	2	2	449.8	450.0	1.0	0.0	0.0	0.0
26	Set SpdKnob	888	2	2	567.8	570.0	5.9	0.0	4.6	5.8
26	Check SpdKnob	888	2	2	570.1	570.3	1.0	0.0	0.0	0.0
27	Set HdgKnob	888	2	2	290.1	292.3	5.9	0.0	4.6	5.8
27	Check HdgKnob	888	2	2	292.4	292.6	1.0	0.0	0.0	0.0
28	Set HdgKnob	888	2	2	526.1	528.3	5.9	0.0	4.6	5.8
28	Check HdgKnob	888	2	2	528.4	528.6	1.0	0.0	0.0	0.0
29	Set HdgKnob	888	2	2	680.2	682.4	5.9	0.0	4.6	5.8
29	Check HdgKnob	888	2	2	682.5	682.7	1.0	0.0	0.0	0.0
30	Set SpdKnobSw	888	2	2	166.3	167.8	5.0	0.0	1.2	2.2
30	Check SpdKnobSw	888	2	2	167.9	168.1	1.0	0.0	0.0	0.0
31	Set SpeedBrake	888	2	2	0.1	2.7	5.0	0.0	3.7	5.8
31	Check SpeedBrake	888	2	2	2.8	3.1	1.0	0.0	0.0	0.0
32	Set SpeedBrake	888	2	2	275.2	277.8	5.0	0.0	3.7	5.8
32	Check SpeedBrake	888	2	2	277.9	278.2	1.0	0.0	0.0	0.0

注：各列の数値に対応する内容は PM 詳細ログ表（付表 8）欄外を参照のこと。

付表 9 詳細タスク・ログ出力 (ケース 3, PM)

Goal ID	Goal Name (and Leaf Name)	ID Origin	Task Category	Goal TrigdBy	Start	End	Workload			
					Time (sec)		V	A	C	P
0	Hear Flap 5	1	0	3	223.1	223.8	0.0	4.9	3.7	1.0
0	Readback Flap 5	1	0	3	224.0	224.7	0.0	4.9	3.7	1.0
1	Set FlapLever	2	1	2	228.9	231.4	5.0	0.0	3.7	5.8
1	Check FlapLever	2	1	2	231.5	231.9	1.0	0.0	0.0	0.0
2	Hear Flap 15	3	0	3	302.5	303.2	0.0	4.9	3.7	1.0
2	Readback Flap 15	3	0	3	303.4	304.1	0.0	4.9	3.7	1.0
3	Set FlapLever	4	1	2	305.6	308.1	5.0	0.0	3.7	5.8
3	Check FlapLever	4	1	2	308.2	308.6	1.0	0.0	0.0	0.0
4	Hear Gear Down	5	0	3	416.6	417.3	0.0	4.9	3.7	1.0
4	Readback Gear Down	5	0	3	417.5	418.2	0.0	4.9	3.7	1.0
5	Set GearLever	6	1	2	423.6	426.3	5.0	0.0	3.7	5.8
5	Check GearLever	6	1	2	426.4	426.6	1.0	0.0	0.0	0.0
6	Hear Flap 20	7	0	3	427.6	428.3	0.0	4.9	3.7	1.0
6	Readback Flaps 20	7	0	3	428.5	429.2	0.0	4.9	3.7	1.0
7	Set FlapLever	8	1	2	432.8	435.3	5.0	0.0	3.7	5.8
7	Check FlapLever	8	1	2	435.4	435.8	1.0	0.0	0.0	0.0
8	Hear Flap 25	9	0	3	453.5	454.2	0.0	4.9	3.7	1.0
8	Readback Flaps 25	9	0	3	454.4	455.1	0.0	4.9	3.7	1.0
9	Set FlapLever	10	1	0	-1.0	-1.0	5.0	0.0	3.7	5.8
9	Check FlapLever	10	1	0	-1.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
10	Hear Flap 30	11	0	3	573.2	573.9	0.0	4.9	3.7	1.0
10	Readback Flaps 30	11	0	3	574.1	574.8	0.0	4.9	3.7	1.0
11	Set FlapLever	12	1	2	570.5	573.0	5.0	0.0	3.7	5.8
11	Check FlapLever	12	1	2	573.1	573.5	1.0	0.0	0.0	0.0
12	Hear Landing Check List	13	0	3	575.4	576.5	0.0	4.9	3.7	1.0
12	Callout "Landing Checklist, Gear"	13	0	3	576.7	577.7	0.0	4.9	3.7	1.0
13	Hear Checked	14	0	3	580.9	581.3	0.0	4.9	3.7	1.0
13	Callout Speedbrake	14	0	3	581.5	581.8	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Hear Checked	15	0	3	583.3	583.7	0.0	4.9	3.7	1.0
14	Callout Flaps	15	0	3	583.9	584.2	0.0	4.9	3.7	1.0
15	Check Flap@MFD	16	0	3	584.3	585.5	5.9	0.0	1.0	0.0
16	Hear Checklist Complete	999	0	3	586.6	587.3	0.0	4.9	3.7	1.0
17	Callout Flaps 30	17	0	3	585.6	586.3	0.0	4.9	3.7	1.0

Goal ID : タスク番号

ID Origin : 0~99 = 標準手順タスク, 888=標準手順外検知タスク, 999=標準手順タスク(他者発話聞きとり)

Task Category : 0=不可観測タスク (標準手順), 1=検知タスク (標準手順), 2=検知タスク (標準手順外)

Goal Triggered By : 0=実施されず, 1=開始条件終了時強制, 2= (検知) 時刻, 3=開始条件及び Workload

宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-RR-07-039

発 行 平成 20 年 2 月 29 日
編集・発行 宇宙航空研究開発機構
〒182-8522 東京都調布市深大寺東町 7-44-1
URL : <http://www.jaxa.jp/>
印刷・製本 (有) ノースアイランド

本書及び内容についてのお問い合わせは、下記にお願いいたします。

宇宙航空研究開発機構 情報システム部 研究開発情報センター
〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1
TEL : 029-868-2079 FAX : 029-868-2956

© 2008 宇宙航空研究開発機構

※ 本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等加工することを禁じます。

