

ISSN 0452-2982  
UDC 533.696  
629.7.018.7  
629.7.05

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-699

ドルニエ機用飛行データ収集システム及び  
ダウンリンク・システムの飛行評価実験

稲垣敏治・増位和也・井之口浜木  
岡田典秋・石川和敏・小野孝次

1996年9月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

## 目 次

第1章 まえがき	2
第2章 システムの設計方針	3
第3章 システムの概要	4
3.1 システムの構成	4
3.2 システムの機能	5
第4章 システムのドルニエ機への搭載	14
第5章 FDAS 及びダウンリンクシステムの評価	16
5.1 評価方法	16
5.2 評価結果	16
第6章 まとめ	20

# ドルニエ機用飛行データ収集システム及び ダウンリンク・システムの飛行評価実験\*

稲垣 敏治\*<sup>1</sup> 増位 和也\*<sup>1</sup> 井之口 浜木\*<sup>1</sup>  
岡田 典秋\*<sup>1</sup> 石川 和敏\*<sup>1</sup> 小野 孝次\*<sup>1</sup>

## Flight Test Evaluation of Flight Data Acquisition and the Downlink System for Do-228

Flight Research Division

Toshiharu INAGAKI\*<sup>1</sup> Kazuya MASUI\*<sup>1</sup> Hamaki INOKUCHI\*<sup>1</sup>  
Noriaki OKADA\*<sup>1</sup> Kazutoshi ISHIKAWA\*<sup>1</sup> Takatsugu ONO\*<sup>1</sup>

### ABSTRACT

The National Aerospace Laboratory introduced a flight research airplane, a Dornier-228-200, and constructed a Flight Data Acquisition System (FDAS) for flight tests of navigation system at Sendai Airport.

We have constructed the new FDAS to improve data acquisition ability and to ensure easy operation. For an efficient flight test operation we also constructed a data downlink system.

This report describes the outline of the new systems and their flight test evaluation results.

**Key words :** Flight Test, Flight data, Sensor, Data Processing, Data Acquisition-System, Downlink, Telemeter

### 概 要

我々は、昭和63年度に導入された実験用航空機 Do-228-200 型機に対して飛行データ収集システム (Flight Data Acquisition System: FDAS) を構築した。近年、計算機の発達が著しいことを背景にパーソナル・コンピュータを用いて FDAS の構築を試みた。しかしその後、センサや航法機器の追加搭載に伴ってセンサ、航法機器等から得られる飛行データも増加してきた。

このため、取り込み信号数の増加、データ収集量の増大、そしてより取り扱い易い汎用的なシステムを目指して新しい FDAS を構築した。

さらに、飛行実験における飛行データを地上でモニタすることは飛行実験をより効率的に行う上で有効であると考え、それを実現するためにダウンリンク・システムを構築した。

### 記号及び略号

ADC : Air Data Computer  
ADS : Air Data Sensor

ALT : 高度  
ARINC : ARINC 規格の信号  
ARINC-TX : ARINC 信号の送信  
Azimuth : 方位角 (deg)

\* 平成8年5月20日受付 (received 20 May 1996)

\*1 飛行実験部

A/D	: アナログ→デジタル
C	: 計算機用語
DME	: Distance Measurement Equipment (測距器)
DME/P	: 精密測距器
D/A	: デジタル→アナログ
EFIS	: Electric Flight Instrument System (電子管式飛行計器)
Elevation	: 仰角 (deg)
ENG	: エンジン
FMS	: Flight Management System (飛行管理システム)
FOG	: Fiber Optical Gyro(光ジャイロ)
GPS	: Global Positioning System
GP-IB	: General Purpose Interface Bus
GP-IO	: General Purpose Input Output (PIO 信号の一種)
GS	: 計器着陸システムの Glide Slope 信号
HUB	: LAN に用いるマルチポートトランシーバ
ILS	: Instrument Landing System (計器着陸システム)
IMU	: Inertial Measurement Unit (慣性計測ユニット)
INS	: Inertial Navigation System (慣性航法装置) (実験用)
IRU	: Inertial Reference Unit (慣性基準装置) (航法用)
I/F	: インターフェース
LAT	: 緯度(deg)
LON	: 経度(deg)
DOP	: ドップラレーダの出力信号
LOC	: 計器着陸システムの Localizer 信号
MT	: 磁気テープ
MS-DOS	: Micro Soft 社の Disk Operation System
OMEGA/VLF	: 超低周波を用いた航法システム
OS	: Operation System
PANG	: Pitch Angle 姿勢角(deg)
PCM	: Pulse Code Modulation(パルス変調)
PIO	: Parallel Input Output
RA	: 電波高度計
RANG	: Roll Angle 横揺れ角(deg)
RS-232C	: Serial 信号の規格
TAIR	: True Air Speed 真対気速度(kt)
TCG	: タイム・コード・ジェネレータ
THD	: True Heading 真方位角(deg)
UTC	: 世界標準時
YELV	: 昇降舵の位置(deg)
bps	: byte per sec

$\alpha$	: 迎角(deg)
$\beta$	: 横滑り角(deg)

## 1. まえがき

航空宇宙技術研究所では昭和 63 年度に実験用航空機として Do-228-200 型機 (以下ドルニエ機と云う) を導入し、着陸航法系や飛行制御等の研究に用いている。ドルニエ機における航法系や飛行制御などの研究においては飛行中の対気データや慣性データをはじめとする機体諸元データ、航法機器出力データなどの各種データ (以下飛行データと云う) を必要とする。これらのデータはセンサ及び各機器 (以下センサ・機器という) の性能によって信号の形式や出力頻度がそれぞれ異なっているため、飛行中のデータを効率的に収集することが必要とされている。

現在、ドルニエ機には仙台空港を基地に実施されてきた「MLS 等航法系飛行実験」ならびに「Do-228 着陸航法系飛行実験」を通して構築されてきた飛行データ収集システム (FDAS: 以下旧 FDAS と云う) が搭載されている。<sup>1)</sup> このシステムは一般的なパーソナル・コンピュータ (以下 PC と云う) を中心とした飛行データ収集システムである。このシステムの大きな特長は PC を用いることによって従来から用いられている専用のデータ収集システム<sup>2)</sup> に比べ小型/軽量化が実現でき、その分研究のためのセンサや機材の搭載量が増加することと取扱いが比較的容易であることである。一方、PC を用いた場合の問題点は航空機搭載用計算機と比較して耐環境性、信頼性が低下することであるが、これらのことは上記実験を通してほぼ解決されてきた。このシステムの概要について図 1.1 及び表 1.1 に示す。

このシステムは元来着陸進入及びターミナルエリアにおけるデータ収集を目的にしたもので、表 1.1 に見られるように ARINC429 信号 4 ch、アナログ信号 8 ch その他の飛行データ収集能力を持っている。またデータ収集時間も約 70 分程度である。当時 PC を用いた旧 FDAS については処理速度やデータ格納機器の性能/容量、耐環境性などの制約があったが、システムの保守、取り扱い易さなどの観点からこのようなシステムとした。

ドルニエ機は導入以来幾度かの改修を重ね、センサや搭載機器が代替、追加されており、それに伴って収集する飛行データの種類も増加している。飛行実験においては同時に多数のセンサ出力信号を収集する必要がある場合が多いため、ドルニエ機による制御技術開発を始めとする各種研究のためには飛行中に結線/配線を変える等、旧 FDAS の能力の中で工夫して飛行データの収集を行わねばならなかった。

近年、PC の発展には目を見張るものがあり、処理能力、データ収集、データ保管について従来の専用計算機、磁気テープによるデータ収集/保管、大型計算機によるデータ

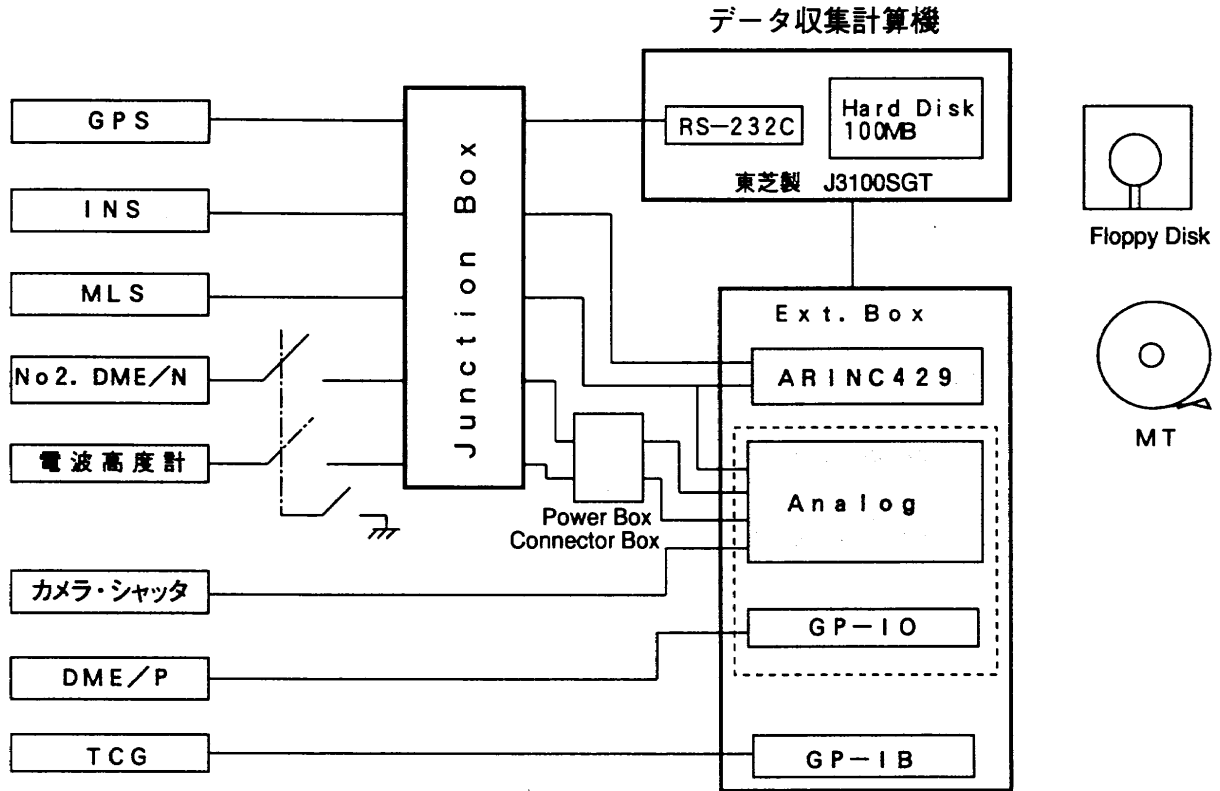


図1.1 旧FDASの構成

表1.1 旧FDASの性能

項目	機能・性能
使用計算機	インテル386使用計算機
処理信号	ARINC429: 入力4, 出力1 アナログ8ch、他にRS232C、GP-IO
収集時間	約70分(約100MB)
データ保管	ストリーマ・テープ
グラフィック出力	データを簡易的にグラフ表示・出力

処理というシステムに比べて実用的に十分な機器が出回っている。

これらの状況を背景にして旧FDASを発展させたシステムとしてドルニエ機の飛行データの効率的な収集、取り込み信号数の増加、さらにデータ収集量の増大を図るとともにデータ処理にいたるまでのシステムを見直して、より汎用性のあるシステムとして新しいFDAS(以下新FDASと云う)の構築を行った。

同時に、より効率的な飛行実験のためには実験中のドルニエ機の飛行データをテレメータで送信し、地上においてデータの実時間監視することが有効であると考え、ダウンリンク・システムを新たに構築し、両システムの飛行実験による評価を実施した。

## 2. システムの設計方針

表2.1にドルニエ機に搭載されている主要なセンサ・機器とその出力信号の規格、データ量を示す。

これらを基にした新FDAS及びダウンリンクの構築に際しての設計方針は以下の通りである。

新FDASについては

- 1) 旧FDASによる飛行実験の実績、及び成果の継承が図れること。
- 2) 収集しようとするセンサの増加に対応して、収集できるセンサ信号の数を増加させること。
- 3) 実験におけるデータ収集時間を旧FDASより拡大すること。
- 4) データ収集を実際に行う機上搭載系と地上におけるデータ処理を行う地上系の間で、データの共通性を持たせることによりデータ処理の効率化を図ること。

上記の設計方針を具体的に述べると機上においてはARINC429信号、アナログ信号ともに従来の倍のデータch数、つまりARINC429信号については8ch、アナログ信号については16ch程度の収集能力を持ち、データ収集時間は旧FDASにおける約70分から、2時間半程度とした。またデータ収集に際しては、目的に合った種類のデータをより簡単な操作で収集できるようにすることとした。

地上では収集したデータの処理を考慮してデータ解読機能、保管機能、ワークステーション等へのデータ転送機能

表 2.1 主要搭載機器

データ項目	信号の種類	データ量 (byte/s)
IRU DOPPLER INS (リットン社製)	ARINC429 (Hi)	4040 200 5256
MLS21 ADC OMEGA/VLF FMS	ARINC429 (Lo)	2084.8 1528 144 360
GPS	RS232C	331
DME/P	GP-IO (PIO)	240
DME/N、電波高度計 エンジントルク、 迎角、横滑角、ILS、 各操作量 計16ch	アナログ	1000
カメラ	パルス	-
UTC時刻	パルス+RS232C	起動/終了時のみ

\*データ量はデータ収集のために必要な1秒あたりの容量を表す

などの機能を持たせることとした。また、搭載系と地上系に用いる計算機を同機種とすることによりデータの互換性とバックアップ機能を持たせることとした。

ダウンリンクについては

- 1) 効率的なドルニエ機の運用。
- 2) より目的に合った実験の遂行。

を目指すため地上において実時間で実験中の飛行データを監視できるようにすること、それらのデータを記録/再生できるようにすること、監視する飛行データを簡易に設定できるようにすることとした。

### 3. システムの概要

#### 3.1 システムの構成

新FDAS(以後FDASと云う)とダウンリンクのシステム構成については図3.1に示すようにドルニエ機に搭載してデータを収集したり、地上に飛行データを送信するための機上搭載系と、ドルニエ機から送信されてきた飛行データを受信して実時間で飛行データを監視することができるダウンリンク地上系及び地上においてオフラインで飛行データを解読処理等を行うFDAS地上系とによって構成されている。

##### 3.1.1 FDAS

FDASは実際に航空機に搭載してデータを収集する機上搭載系と、収集した飛行データを地上において保管、解読、更に解析のためにワークステーション等へデータを転送する機能を持たせた地上系とによって構成される。

それぞれの計算機は同機種を選定することにより互換性を持たせ、互いにバックアップが可能としている。表3.1に計算機を主にしたシステムの性能を示す。

##### 1) 機上搭載系

ドルニエ機に現在搭載されているセンサ・機器からの入

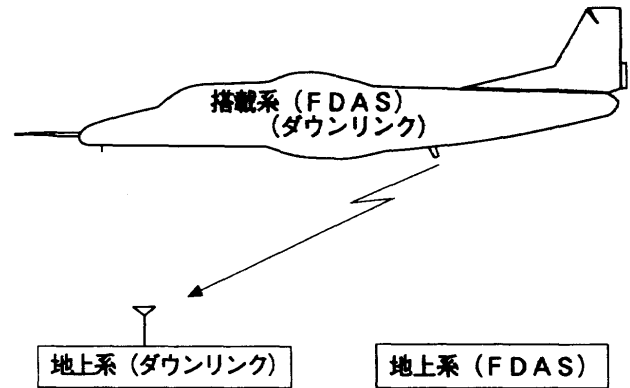


図 3.1 新FDASとダウンリンクの概念

表 3.1 新FDASの性能

項目	機能・性能
使用計算機	インテル486使用計算機
処理信号	ARINC429: 入力8、出力2、GP-IO アナログ16ch、他にRS232C、PIO
収集時間	約250分(約300MB)
データ保管	光磁気ディスク
グラフィック出力	2種類の時歴表示モード
DOS・言語	MS-DOS C言語

表 3.2 新FDASからの出力信号

出力先	信号の種類	データの種類
計器着陸誘導装置	ARINC429 (Lo)	DME/P、DME/N、 RA、UTC
ダウンリンク装置	ARINC429 (Hi)	設定データ 96種類

力データの数及びデータ量(表2.1)、更にドルニエ機に搭載される計器着陸誘導実験装置、及び構築しようとしているダウンリンクの送信機への出力データ(表3.2)を考慮して、機上搭載系はインテル486のCPU及びディスク容量500Mbハードディスクを搭載した計算機を選定し、それを中心としたシステムとした。500MBのディスク容量のうち300MBをデータ収集領域に設定することによりデータ収集時間は約250分となり従来のシステムの約70分間に比べて倍以上となった。

図3.2に機上搭載系の構成を示す。

データ収集用計算機には汎用型のノート型PC(東芝製 DynaBook V486FV)を用い、ARINC429信号(入力8ch、出力2ch)、アナログ信号16ch RS-232C、GP-IO等各信号入出力用ボード及びダウンリンク用のARINC-PCM変換ボードを実装したインターフェース・ボックスが接続されている。センサ・機器からの出力信号はこのインタフェース・ボックスを通して計算機に飛行データとして取り込ま

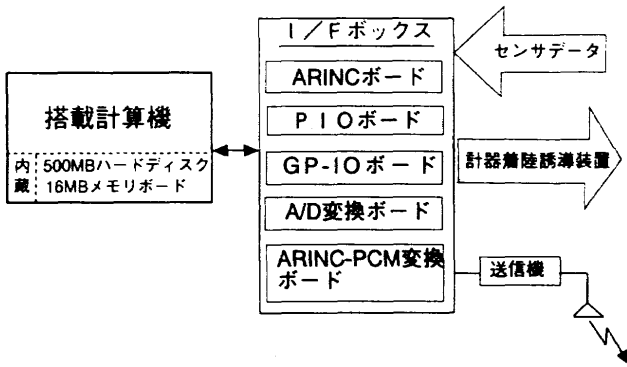


図3.2 新FDAS機上搭載系の構成

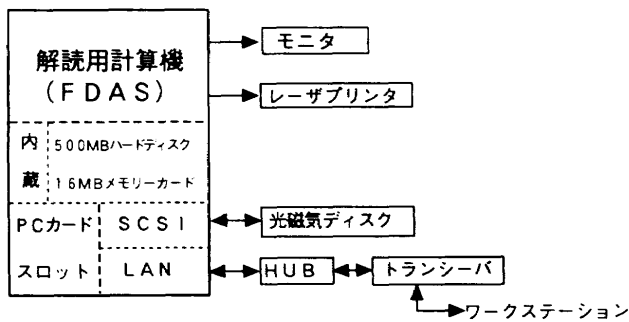


図3.3 新FDAS地上系の構成

れ内蔵のハードディスクに格納されるとともに、モニタ画面に表示出力される。計算機は、機体に搭載される計器着陸誘導実験装置ならびにダウンリンク用のARINC-PCM変換ボードに必要なデータをARINC429信号にて出力する。

2) 地上系

図3.3に地上系の構成を示す。この地上系で用いる解説用計算機はデータの互換性をはかるため、機上搭載系の計算機と同一機種とした。

FDAS地上系では収集した飛行データを解説し、テキスト形式に変換する。解説されたデータはグラフィック表示として計算機ディスプレイやプリンタに出力することができる。また光磁気ディスクを用いて生データ、解説データを保管・管理するようにした。この光磁気ディスクによるデータの保管・管理は磁気テープによる方法に比べ処理速度、省スペースの点で格段に効率的である。さらにこれらのデータをより高度な解析を行うために、解説用計算機に装備してあるLAN I/Fカードを用いてワークステーション等に転送できるようになっている。これらの作業を行うにあたって、収集された飛行データは機上搭載系のデータ収集用計算機を取り下ろすことなくハードディスクのみを取り外して地上系の解説用計算機に装填することによって、飛行データの解説を始めとする地上処理が行えることも新FDASの大きな特徴になっている。

表3.3 ダウンリンクの性能

項目	機能・性能
機上搭載系 ARINC-PCM変換	<ul style="list-style-type: none"> <li>入力信号はデータラベル数96、時刻信号1(2ワード)、更新時間40msecのARINC(Hi)信号</li> <li>出力信号は16bit/ワード、フレームあたり100ワード(フレームシンクワードを含む)、40kbpsの伝送速度を持つBIO-S</li> </ul>
地上系 使用計算機 OS、言語	インテル486DX4搭載計算機 MS-DOS、C言語

3.1.2 ダウンリンク

ドルニエ機においては今までになかった機能で飛行中の飛行データを地上で実時間で監視することにより、飛行実験の効率化を目指したものである。表3.3にダウンリンクの性能を示す。

この機能を有効に用いることにより地上で飛行データを監視モニターすることと並んで実験に対するよりの確な指示を無線機等によりドルニエ機に与えることが可能となり、効率的な実験の遂行が期待できる。

1) 機上搭載系

機上側ではFDASが収集した飛行データの中から地上に送信すべきデータを選択し、ARINC429信号に変換して、3.1.1 1)で述べたインターフェース・ボックスに実装されたARINC-PCM変換ボードに出力する。このボードでは入力されたARINC429信号をPCM信号に変換してダウンリンク送信機に出力する。PCM化された飛行データはダウンリンク送信機を通して地上に送信される。

2) 地上系

ダウンリンクの地上系においては図3.4に示すようにドルニエ機から送られてきた飛行データ信号を地上のダウンリンク受信機により受信し、PCM復調器によってPCM信号を16bitパラレル信号に復調する。復調された信号はダウンリンク計算機により解説され、実時間で飛行データを端末に表示することが可能である。

受信された飛行データはあとで再生することができるようハードディスクに記録することもできる。記録したデータを飛行試験後に再生して、液晶ならびにCRTモニターへの表示及びレーザプリンタへの出力が可能である。

3.2 システムの機能

3.2.1 FDAS

機上搭載系においてはドルニエ機に搭載されているセンサ・機器の飛行データを収集し、それらの飛行データのうち選択されたデータを計器着陸誘導実験装置とダウンリンク装置へ出力するのが主目的であり、地上系においては機上搭載系で収集した飛行データの解説、保管、転送が主目

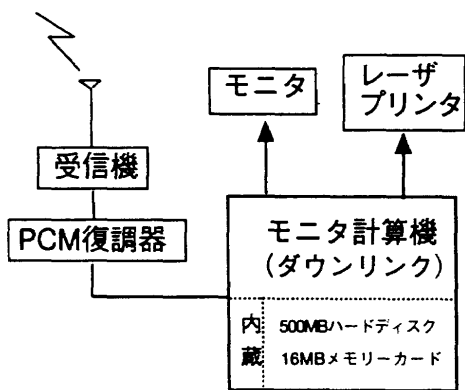


図3.4 ダウンリンク地上系の構成

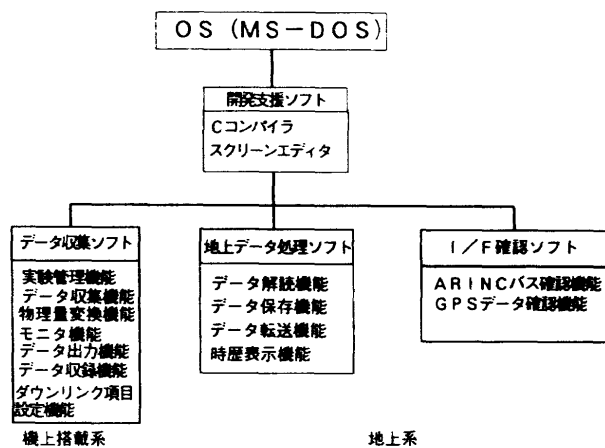


図3.5 新FDASソフトウェアの構成

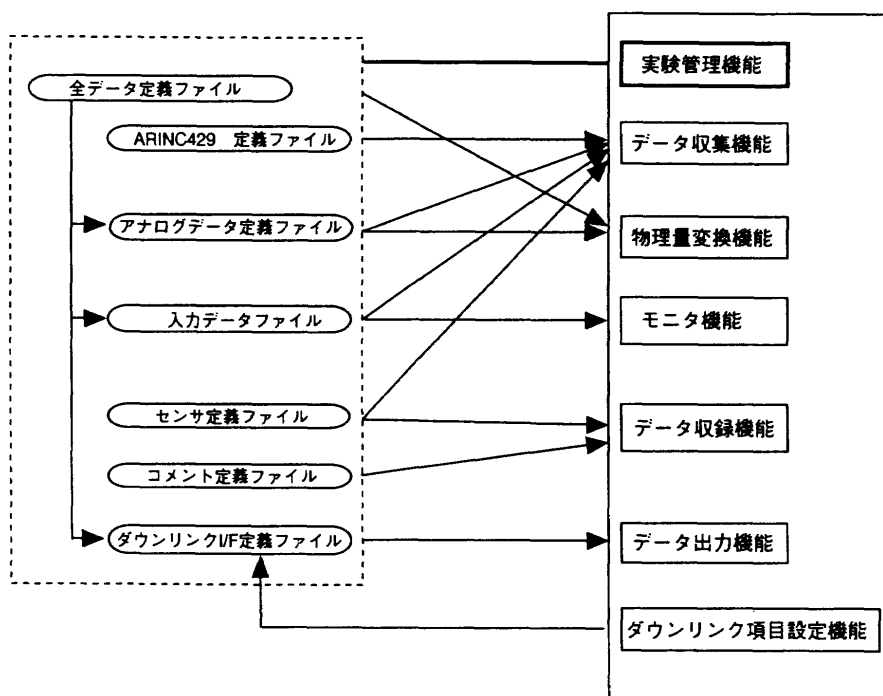


図3.6 パラメータ・ファイルと機能の関係図

的である。

このシステムの運用についてはいろいろなパラメータの設定などが容易かつ簡便にできること、地上におけるデータ処理との間にデータの整合性を図ることが重要と考えた。各計算機のOSは広く使用され、アプリケーション・プログラムも多いことからMS-DOSとした。ソフトウェア開発支援ツールとしてCコンパイラ、スクリーン・エディタを機上搭載と地上の両系に標準装備してある。FDAS機能のソフトウェア構成を図3.5に示すとともに各機能の説明を次節以降に述べる。

### 3.2.1.1 機上搭載系

機上搭載系では、センサ・機器から出力される飛行データを収集すると同時にモニタ表示、他システムへのデータ出力を行う。そのために以下のソフトウェアによって構成されている。図3.6にソフトウェアとデータ収集に必要なパ

ラメータ・ファイルとの関係を示す。

#### 1) 実験管理機能

データ収集に必要なパラメータファイルの入力と編集、実験ケースの管理（及びオペレータの操作）を行う機能である。

データ収集に必要なパラメータ・ファイルにはFDASに固定の情報を定義するシステムパラメータ・ファイルと飛行実験によって収集する飛行データや実験ケースを定義する実験パラメータ・ファイルがある。システム・パラメータ・ファイルには図3.7～図3.9に示すようなセンサ定義ファイル、ARINC429定義ファイル、アナログ定義ファイルがある。図3.7はセンサ定義ファイルでドルニエ機に搭載されているセンサ・機器に対応し、収集したデータのファイル名の一部となるセンサ記号および、センサ名を定義するためのファイルである。図3.8はARINC429定義ファ



① 行 番号	② センサ 記号	③ センサ名	④ コメント
1	H	IRU	COMMENT
2	D	Doppler	COMMENT
3	L	INS_LITTON	COMMENT
4	T	INS_TOSHIBA	COMMENT
5	N	MLS_NASDA	TOSHIBA_FNC
6	M	MLS_BENDIX	MLS21
7	A	ADC	COMMENT
8	O	OMEGA/VLF	COMMENT
9	F	FMS	COMMENT
10	G	GPS_COLLINS	COMMENT
11	P	DME/P	ENRI
12	Y	A/D1	COMMENT
13	Z	A/D2	COMMENT
14	S	SHUTTER	CAMERA

図3.7 センサ定義ファイルのフォーマット

① 行 番号	② 入出力	③ レート	④ センサ 記号	⑤ コメント
1	1234	(メモリマップアドレス)		
2	10	(IRQ)		
3	R	HI	L	LITTON
4	R	HI	N	NASDA_MLS
5	R	LO	M	BENDIX_21
6	R	LO	A	AIR_DATA
7	R	LO	O	OMEGA/VLF
8	R	HI	H	IRU
9	R	LO	F	FMS
10	R	LO	D	Doppler
11	T	LO	-	GUIDANCE
12	T	HI	-	DOWNLINK

図3.8 ARINC429 定義ファイル

① C H	② センサ 名称	③ 校正 係数	④ 校正 オフセット	⑤ 変換 係数	⑥ 交換 オフセット	⑦ 切り替え 電圧	⑧ 単位	⑨ コメント
123 (ボード1 I/Oアドレス)								
1	DME	1	0	1	0	-	NM	DME/N
2	HRA	1	0	1	0	10.4	ft	RA
2	HRA	1	0	1	0	-	ft	RA
3	TQR	1	0	1	0	-	%	TORQUE_RIGHT
4	TQL	1	0	1	0	-	%	TORQUE_LEFT
5	ELV	1	0	1	0	-	-	ELEVATOR
6	STB	1	0	1	0	-	-	STABILIZER
7	ALP	1	0	1	0	-	-	ALPHA
8	BET	1	0	1	0	-	-	BETA
456 (ボード2 I/Oアドレス)								
9	HPR	1	0	1	0	-	-	HIGHT
10	DPR	1	0	1	0	-	-	DOPPLER
11	LOC	1	0	1	0	-	-	ILS_LOC
12	GSL	1	0	1	0	-	-	ILS_GS
13	ALR	1	0	1	0	-	-	エムロン_RIGHT
14	ALL	1	0	1	0	-	-	エムロン_LEFT
15	RUD	1	0	1	0	-	-	ラダー
16	FLP	1	0	1	0	-	-	FLAP
-	DAZ	1	0	1	0	-	DOT	MLS21_DAZ
-	DEL	1	0	1	0	-	DOT	MLS21_DEL
-	TLR	1	0	1	0	-	-	スロットル_RIGHT
-	TLL	1	0	1	0	-	-	スロットル_LEFT

図3.9 アナログデータ定義ファイル

イルで ARINC429 インターフェースの各チャンネルに対応したセンサ・機器の定義と転送レートを定義したファイルである。このファイルではセンサ・機器に対する ARINC429 信号の ch 割り当て、信号を入力として扱うか、出力として扱うかの定義、またそれらの入出力レート、そしてセンサ記号が記述されている。図3.9 はアナログデータ定義ファイルで A/D ボードの各チャンネルに対応したセンサ・機器の定義と校正パラメータ、及び工学値変換式を定義するファイルである。

一方、実験パラメータ・ファイルには図3.10～図3.13 に示す全データ定義ファイル、入力データファイル、ダウンリンク I/F 定義ファイル、コメント設定ファイルがある。図3.10 はデータ収集および、ダウンリンク・システ

ムへ出力するすべてのデータを登録する全データ定義ファイルである。このファイルでは収集できる全データを定義してあり、FDAS におけるデータのラベルの定義、センサ・機器名、そのセンサ・機器におけるラベル（データ名）、物理変換のための定数、データの単位などが定義されている。図3.11 は入力データファイルと言って飛行実験において実際に収集するセンサ・機器の飛行データを定義するファイルで、全データ定義ファイルを基に作るファイルである。このファイルは、センサに与えた記号と ARINC429 信号のデータ・ラベルの選択及び、モニタ表示に関連する項目を設定しておく。図3.12 はダウンリンク I/F 定義ファイルで、機上から地上へのダウンリンクに際してのデータならびを定義するファイルである。このファイルも全デー

① 行番号	② 全体ラベル	③ センサ名	④ データラベル	⑤ ビット シフト	⑥ L S B	⑦ 単位	⑧ サイン フラグ	⑨ コメント
1	2164	MLS	164	0	0.0025	deg	1	MLS21-EL
.								
.								
.								
100								

図3.10 全データ定義ファイル

① 表示行	② 表示列	③ 初期 表示	④ フォー マット	⑤ センサ 記号	⑥ データ ラベル	⑦ コメント
10	,	20	, -xx. xxx , %7. 3f	, M	, 164	, MLS21-EL
11	,	20	, -xx. xxx , %7. 3f	, M	, 165	, MLS21-AZ
0	,	,	,	, M	, 270	, MLS21-DISCRETE
.						
.						
.						

図3.11 入力定義ファイル

(a) 行番号	(b) 全体ラベル	(c) センサ名	(d) データラベル	(e) ビット シフト	(f) L S B	(g) 単位	(h) サイン フラグ	(i) コメント
1	ABCD							(フレームシンク・パターン1の例)
2	5678							(フレームシンク・パターン2の例)
3	1234							(パラメータIDの例)
4	}							予約(時刻1、2に該当)
5								
6	2164	MLS	164	0	0.0025	deg	1	MLS21-EL
.								
.								
.								
100								

図3.12 ダウンリンクI/F定義ファイル

タ定義ファイルを基に作られるファイルである。図3.13は実験におけるケース毎のコメントをデータ・ファイルの管理部へ設定するためのコメント設定ファイルを示す。このコメント設定ファイルを作成しておくことにより飛行実験において実験ケースの内容等がデータファイルに格納され、整理が容易になる。

comment
---------

図3.13 コメント設定ファイル

これらの飛行パラメータ・ファイルは地上において実験ケース毎に作成しておき、機上で各ファイルを入力することによって目的の飛行データの収集及びダウンリンク・デー

タの送信が行える。またこの機能のほかにデータ収集ケースの開始、終了及び収集の終了の管理もここで行う。

2) データ収集機能

本機能はセンサ及び各機器の飛行データを収集するとともに基準時刻の取り込みを行う。飛行データ収集に際しては、センサ・機器の出力頻度が各々異なる ARINC429, RS 232C, アナログ, GP-IO, パルスの各信号を1)によって管理されている ARINC429 定義ファイル, アナログデータ定義ファイル, 入力データファイルの記述に従って収集する機能である。基準時刻の取り込みについては機体に搭載されているコリンズ社製 NAVCORE 1 GPS 装置の時刻出力をその 1 PPS 出力 (ONE PULSE PER SECOND) に同期して取り込む。この機能は地上の他の計測システム (例えばレーザ・トラッカやトラッキング・レーダ) のデータとの時間合わせのためのものである。しかし, GPS の時刻データ取得には GPS 装置始動後約 5 分を要すること, 衛星の捕捉状況によって取得不可能なことがあるので, その場合に備えて計算機の時刻も取得できるようにしてある。更に, 計器着陸誘導実験装置へ基準時刻を出力する機能がある。この時出力する時刻データは GPS 時刻の場合, 取得した GPS 時刻に 1 秒加算した時刻をセットしておき, 1 PPS に同期して出力する。計算機時刻の場合は, 時刻取得 1 秒後の秒の更新に同期して出力する。

3) 物理量変換機能

本機能は, 入力データファイルの記述に従って収集した飛行データを全データ定義ファイル, 及びアナログデータ定義ファイルの記述に従って物理量変換を行う機能である。

4) モニタ機能

この機能は前述の物理量変換された飛行データのうち入

力データファイルによって指定された飛行データをデータ収集計算機の液晶ディスプレイに数値で表示することによって飛行実験における飛行データの監視を可能とする機能である。また, 初期画面の表示, 終了時の画面処理もここで行われる。図 3.14 にモニタ画面の表示例を示す。

5) データ出力機能

この機能は計器着陸誘導実験装置とダウンリンクへのデータ出力を行うものである。

計器着陸誘導実験装置への出力は, システム内で決められている飛行データを取り込んだ時点で ARINC429 信号に編集して出力する。また, ダウンリンクへの出力はダウンリンク I/F 定義ファイルに記述されている 96 種類のデータ (パラメータ ID を含む), 時刻 (2 word) を ARINC 429 信号に編集して更新時間 40msec で出力する。

6) データ収録機能

本機能は, 入力定義ファイルの記述に従って収集した飛行データを全データ定義ファイルの定義によって物理量変換された飛行データをセンサ定義ファイルの記述に従ってデータ・ファイルにセンサ記号を付加してハードディスクに収録する機能である。センサ毎にファイルを作成 (アナログは 2 枚のボード毎) することによって使用したセンサのみのデータを記録し, データ処理における無駄を省くようにした。

7) ダウンリンク項目設定機能

本機能はドルニエ機から地上へ飛行データをダウンリンクするデータを設定する機能で, 全データ定義ファイルからダウンリンク I/F 定義ファイルを作成する機能である。ここで設定されたダウンリンク・データと, 後述するダウンリンク地上系におけるダウンリンク I/F 定義ファイル

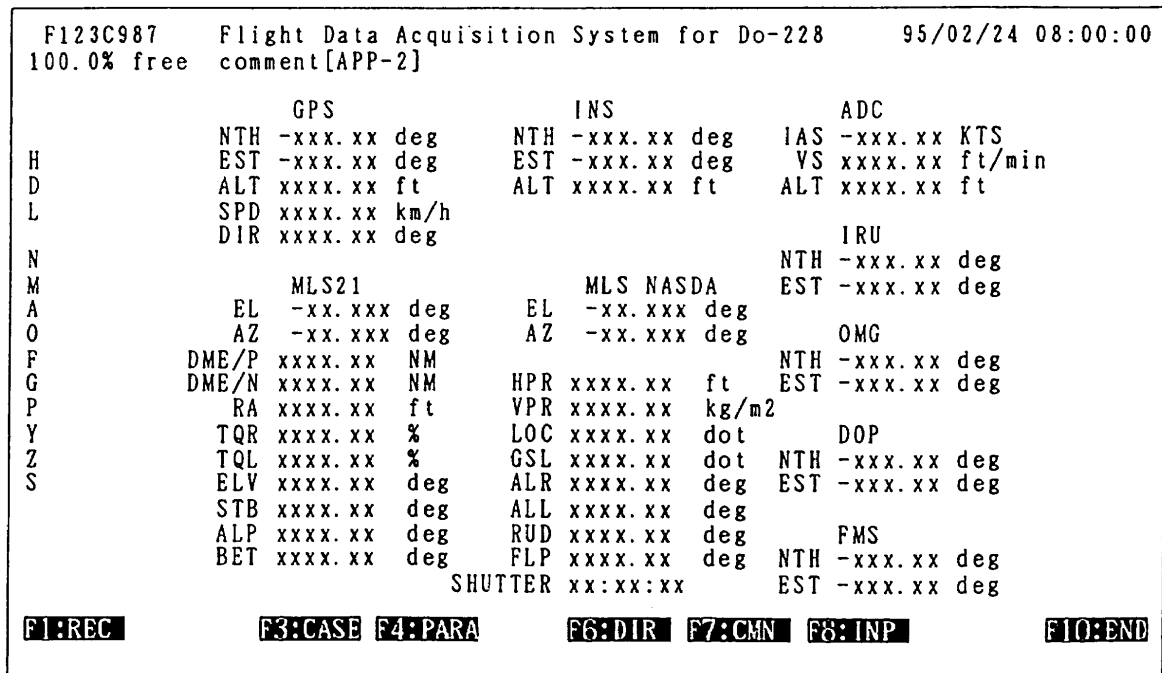


図 3.14 飛行データ監視表示例

に設定されているダウンリンク・データは一致させておく必要がある。

3.2.1.2 地上系

地上系は飛行データの解読を中心とした機能を発揮させるためのソフトウェアで構成されている。

1) データ解読機能

地上系の中で最も重要な機能であり、収集した飛行データをワークステーション等において扱えるようなテキスト・ファイルに変換する機能である。変換されたテキスト・ファイルは各センサ毎の解読データファイルにまとめられる。但し、ARINC429, RS232C データについてはラベル毎の解読データ・ファイルを作成する。

2) データ保存機能

本機能は拡張スロットに装備された SCSI カード<sup>\*</sup>により、搭載系でハードディスクに収録されたデータ及び解読されたデータ等を光磁気ディスクに保存・保管するための機能である。

3) データ転送機能

この機能はやはり、拡張スロットに装備された LAN カード<sup>\*</sup>によって光磁気ディスクあるいはハードディスクにあるデータをより高度な処理をおこなうためにワークステーション等に転送するものである。

4) 時歴表示機能

本機能は解読された飛行データを時歴表示として出力するもので、2種類の画面表示モードとレーザプリンタへの出力を行うことができる。

5) ARINC バス確認機能

本機能は収集した ARINC429 信号データを基にして収集データの信頼性を確認するための機能で、ARINC429 インターフェースのデータ・バスへの接続確認、及び解読デー

タからデータの収集レート（サンプリングタイム）を調べることができるようにしたもので、飛行データの収集状況の確認をできるようにしたものである。

6) GPS データ確認機能

本機能は収集した GPS のデータ・ファイルから航法演算に用いるための衛星の状態情報であるサブフレームの取得状況を確認するための機能である。前述5)とともにデータの収集状況の確認を行うための機能である。

3.2.2 ダウンリンク

ダウンリンクの機上搭載系での機能は 32bit の ARINC 429 信号を 16bit に変換した後 PCM 信号に変換する。さらに、この変換された PCM 信号にフレーム同期信号を付加してダウンリンク送信機に出力することである。

地上系における機能のソフトウェア構成を図 3.15 に示し、以下にそれらの機能の説明を記述する。

1) ダウンリンク設定機能

図 3.16 に示すようなフォーマットのダウンリンク I/F 定義ファイルにより達成される機能で、機上搭載系から地上系へダウンリンクされる飛行データのデータ定義、データの並び、物理量への変換のためのパラメータを設定する。

2) モニタ項目設定機能

図 3.17 に示すようなフォーマットのモニタ設定ファイルにより達成される。このファイルはダウンリンクによって得られた飛行データのうち、監視項目を表示するデータの設定を行うファイルで、監視しようとする飛行データをダウンリンク I/F 定義ファイルの中から時歴表示として最大 8 種類の飛行データ及びデジタル表示として最大 8 種類の飛行データの選択、表示画面のフォーマット、シンボル及びデジタル表示の時間間隔、時歴のスケールの選択を記述したファイルである。

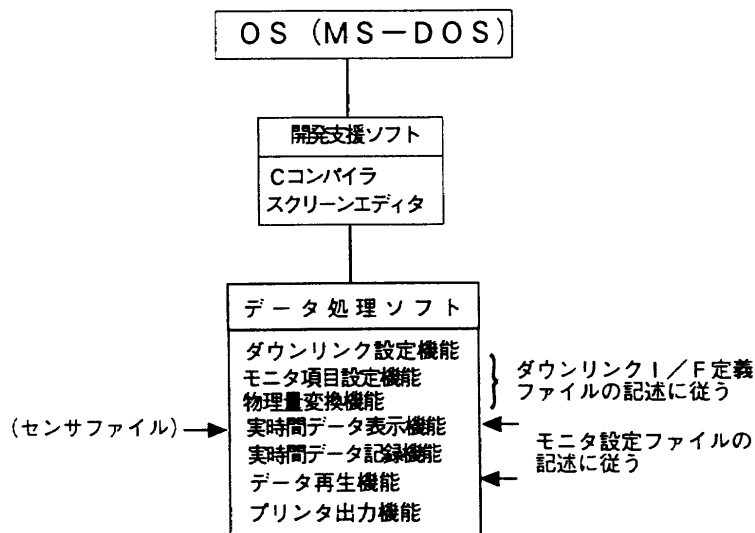


図 3.15 ダウンリンクソフトウェアの構成

(a) 行番号	(b) 全体ラベル	(c) 中心値	(d) 振幅量	(e) 中心値刻み	(f) 振り幅刻み	(g) センサ名	(h) データラベル	(i) ビットシフト	(j) LSB	(k) 単位	(l) 符号	(m) コメント
1	356A	(フレ、ムシンクパターン1)										
2	A565	(フレームシンクパターン2)										
3	0314	(パラメータID)										
4	] 予約											
5	] ]											
6	2164	0.01	0.5	0.005	0.1	MLS	164	0	0.025	deg	1	MLS21-EL
7												
--												
--												
100												

データならび詳細

- (a) 行番号：テレメータへの出力順序。ファイルへ記述する必要はない。
- (b) 全体ラベル：取り扱うデータを一意に定義する。
- (c) 中心値：表示の際、グラフの中心になる値。
- (d) 振幅量：表示の際、中心値から上下限值になるまでの値。
- (e) 中心値刻み：中心値を変更するための刻み量。
- (f) 振幅刻み：振幅を変更するための刻み量。
- (g) センサ名：識別するセンサ名称。
- (h) データラベル：データ自身のラベル。
- (i) ビットシフト：テレメータへ出力する際のシフト量。
- (j) LSB：出力データのLSB。
- (k) 単位：データの単位。
- (l) 符号：数値の符号を指す。1=符号有効、0=符号無効
- (m) コメント：該当センサに関するコメントを記述する。

各項目は上記の定義に従って設定する事。各項目の区切り(デリミタ)をブランク(スペース)とし、カラム位置及び、各項目のカラム数は特に規定しない。また、1行の文字(バイト)数を127文字迄とし、各項目を必ず設定すること。

行番号、ビットシフト、LSB、符号は整数(半角数字)のみで行うこと。

センサ名は半角英数字のみで行うこと。また、センサ名は、表示する上で5文字以内が望ましい。

中心値、振幅量、中心値刻み、振幅刻みは小数(半角数字で表記し、必ず少数点を付ける)のみで行うこと。

図3.16 I/F定義ファイルのフォーマット

行番号	設定番号	表示位置
列番号	1 2	
1	X X	時歴1
2	X X	時歴2
3	X X	時歴3
4	X X	時歴4
5	X X	時歴5
6	X X	時歴6
7	X X	時歴7
8	X X	時歴8
9	X X	デジタル1
10	X X	デジタル2
11	X X	デジタル3
12	X X	デジタル4
13	X X	デジタル5
14	X X	デジタル6
15	X X	デジタル7
16	X X	デジタル8
17	X X	画面パターン
18	X X	シンボル間隔
19	X X	デジタル間隔
20	X X	時歴スケール

X X : 設定番号

時歴1~8、デジタル1~8に設定される番号はI/F定義ファイルの6行目の収集センサ定義行を0とし、94までである。

画面パターンに設定される番号は、

- 0 : [シンボル+デジタル]
- 1 : [時歴2種]
- 2 : [時歴8種]
- 3 : [シンボル+デジタル+時歴2種]
- 4 : [シンボル+デジタル+時歴8種]
- 5 : [シンボル]
- 6 : [デジタル]
- 7 : [シンボル+時歴2種]
- 8 : [シンボル+時歴8種]
- 9 : [デジタル+時歴2種]
- 10 : [デジタル+時歴8種]

シンボル間隔及びデジタル間隔に設定される番号は、

- 0 : [0.2秒]
- 1 : [0.4秒]
- 2 : [1秒]
- 3 : [2秒]
- 4 : [5秒]

ファイル内には、番号のみを記述すること。空白、タブ等の使用は禁止。設定番号は半角数字のみで行うこと。

図3.17 モニタ設定ファイルのフォーマット

### 3) 物理量変換機能

後述する実時間データ記録機能によって記録された飛行データはドルニエ機から送られてきた飛行データを復調して得られた生のバイナリ・データである。本機能はダウンリンク I/F 定義ファイルのパラメータによって物理量に変換した物理量データ・ファイル（物理量ファイル）に変換する機能である。

### 4) 実時間データ表示機能

本機能は解読されたダウンリンク・データを実時間でディスプレイ上に表示し監視する機能である。受信した飛行データのうちモニタ設定ファイルで設定したデータをダウンリンク I/F 定義ファイルにより物理量に変換し、指定されたフォーマットに従って実時間表示を行う機能である。モニタ設定ファイルにシンボル表示を選択した場合には、表示画面にシンボル表示部が表示され、そこにセンサファイルに定義した特殊な 7 種のセンサ名の飛行データ（姿勢角、横揺角、方位角をシンボル表示、迎角、横滑り角、高度、速度をデジタル表示）を統合表示することによって飛行状態が視覚的につかめるようにしてある。この機能による表示はデジタル表示、時歴表示、シンボル表示の 3 種類の表示を基本とし、それらを組み合わせた表示フォーマットとして計 11 種類の表示モードがある。代表的な表示モードを図 3.18 に示す。図において、(1)ではデジタル、シ

ンボル表示を組み合わせたモードを、(2)では時歴表示のみの表示モードを、(3)においては時歴、デジタル、シンボルの 3 種類の組み合わせた表示モードの例を示している。

### 5) 実時間データ記録機能

ダウンリンクで送られてきた飛行データを PCM 復調器及び拡張バスを経由して、内蔵のハードディスクに実時間記録する機能であり、生データファイル（バイナリデータ）を作成する。このデータは実験終了後再生することができる。

### 6) データ再生機能

本機能は実験終了後、収集された飛行データを再生する機能で、飛行データの確認が行える。

ハードディスクに作成された生データファイルをダウンリンク I/F 定義ファイルに従って読み出し、画面にグラフィック表示するものである。この時の表示フォーマットは実時間データ表示機能で述べたものと同じモニタ設定ファイル及びセンサファイルによる。

### 7) プリンタ出力機能

本機能は実時間データ表示機能、データ再生機能によってモニタに表示されたデータをプリンタに出力する機能と、物理量変換機能によって物理量ファイルとなっている飛行データをプリンタに出力する機能がある。

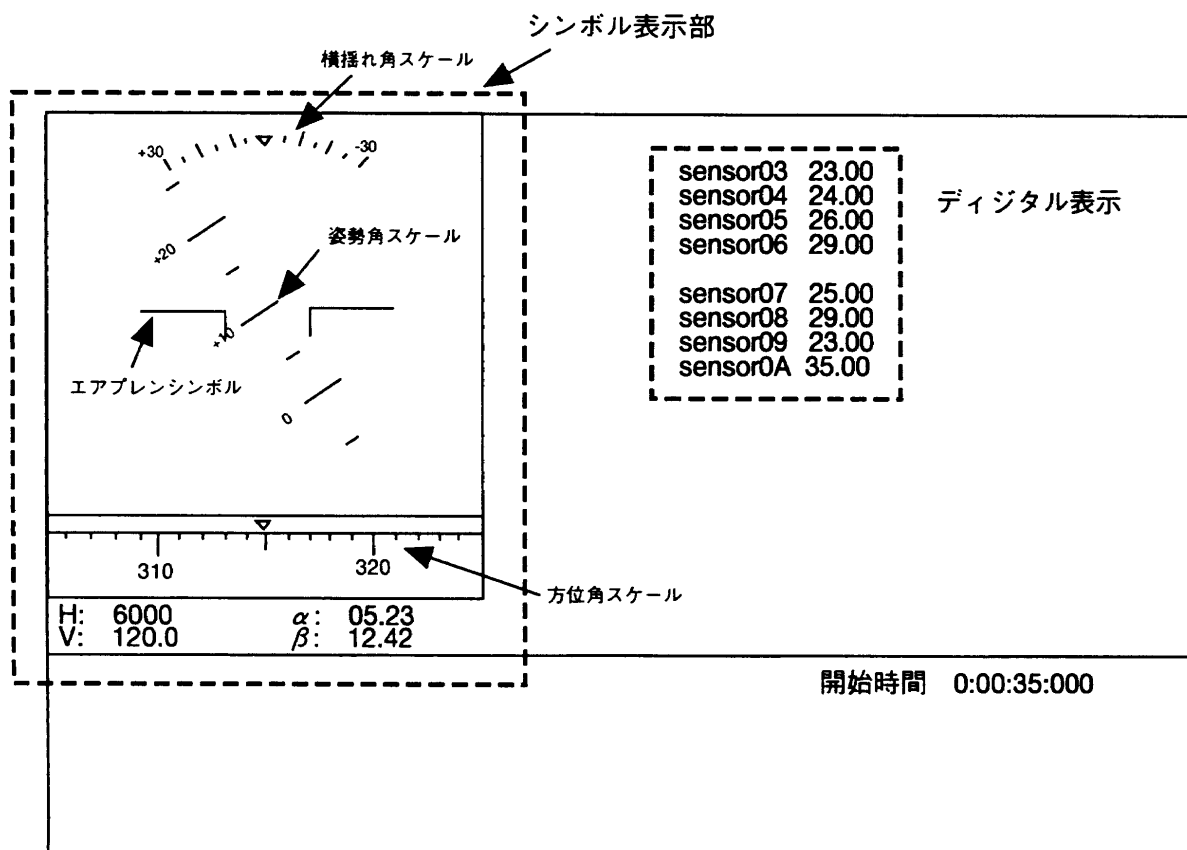


図 3.18 ダウンリンクモニタ表示例(1)

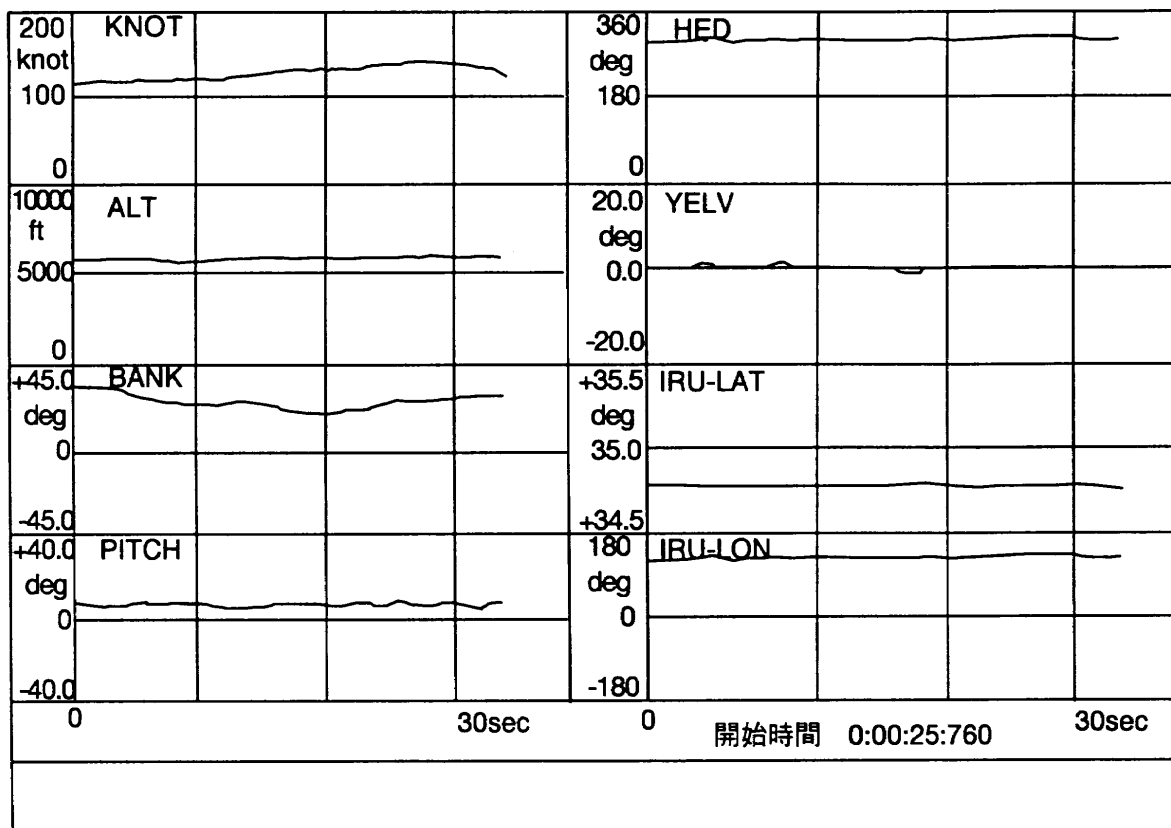


図3.18 ダウンリンクモニタ表示例(2)

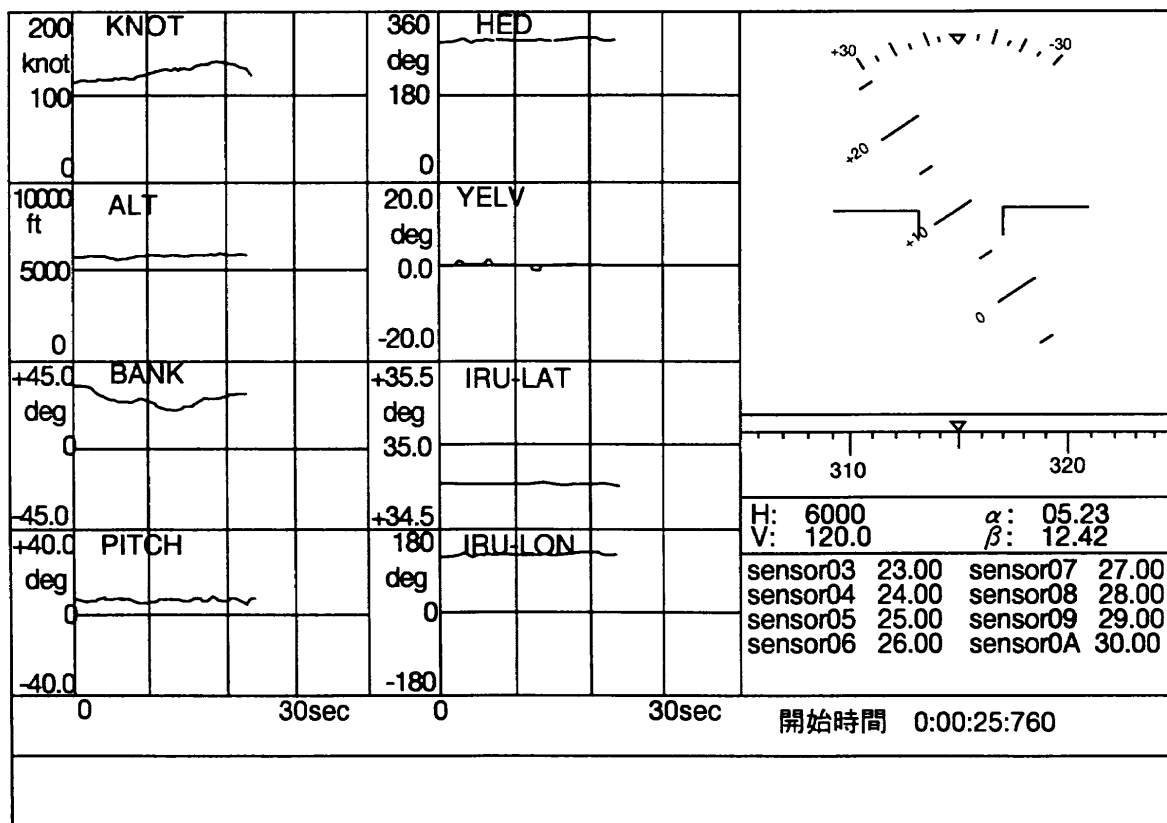


図3.18 ダウンリンク・データ表示例(3)

#### 4. システムのドルニエ機への搭載

FDAS 及びダウンリンクのシステム構築のために機上搭載系をドルニエ機に搭載した。ここではそのために行った機体改修について述べる。

改修点を挙げると

- 1) 搭載計算機の搭載
- 2) ダウンリンク機能を持たせたインタフェース・ボックスの搭載
- 3) ダウンリンク用送信機の搭載
- 4) ダウンリンク用アンテナの装備
- 5) センサ・各機器と FDAS 及び FDAS からダウンリ

ンクならびに計器着陸誘導実験装置へのハーネスの作成／結線である。また、機上搭載系の機体内の配置については図 4.1 に示す。

搭載計算機は従来と同じくキャビン右側に装備する机上に配置し、机の下の棚にインタフェース・ボックスを配置した。ダウンリンク用の送信機は左側に装備する実験機器搭載ラックの中段に配置した。アンテナについては地上との通信用であることから胴体下面に取り付けた。(写真 1, 2)

これらの改修による FDAS, ダウンリンクの信号ブロック図は図 4.2 に示すようになった。

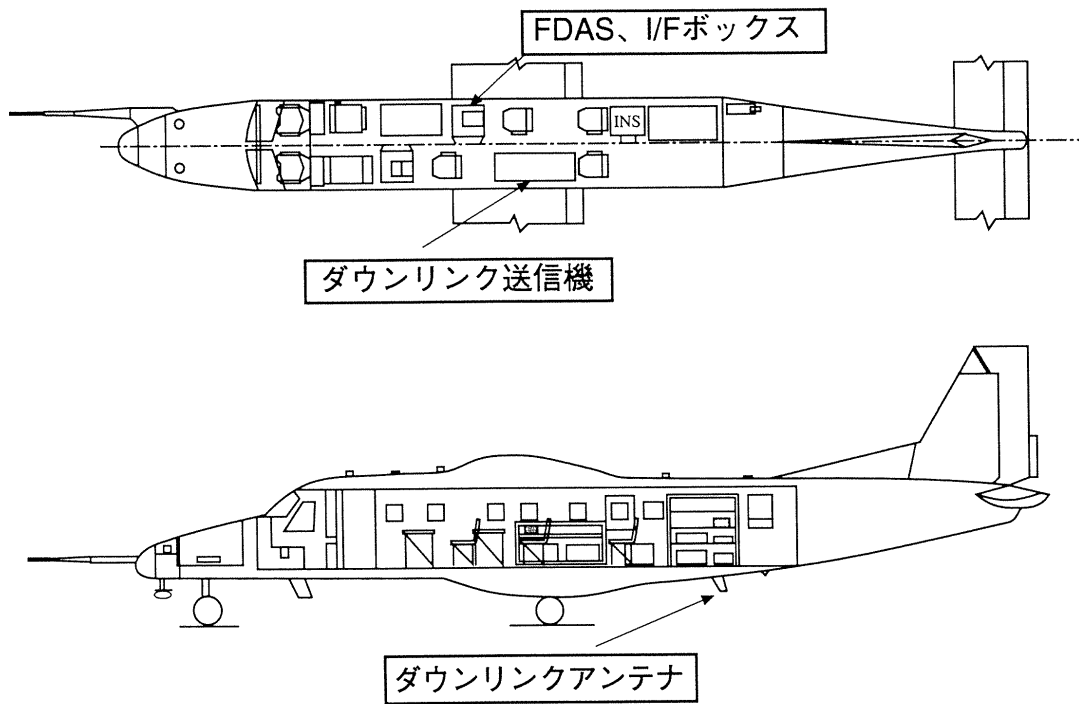


図 4.1 システムの配置

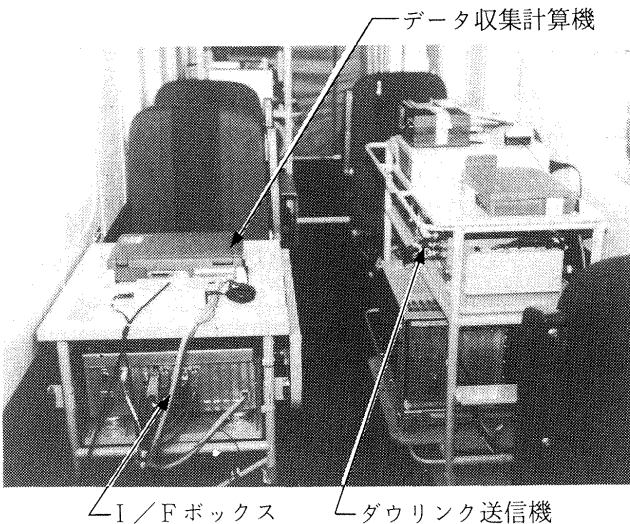


写真 1

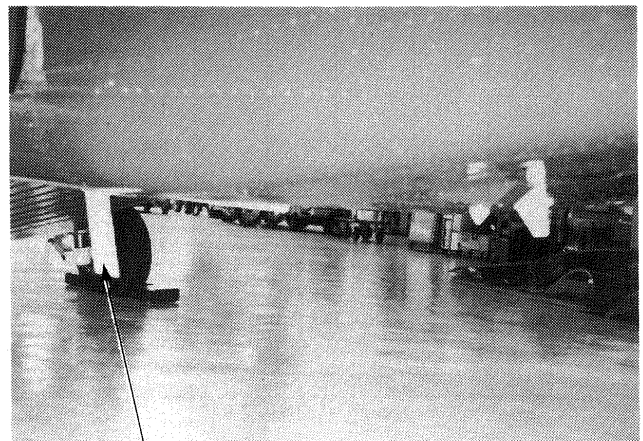


写真 2



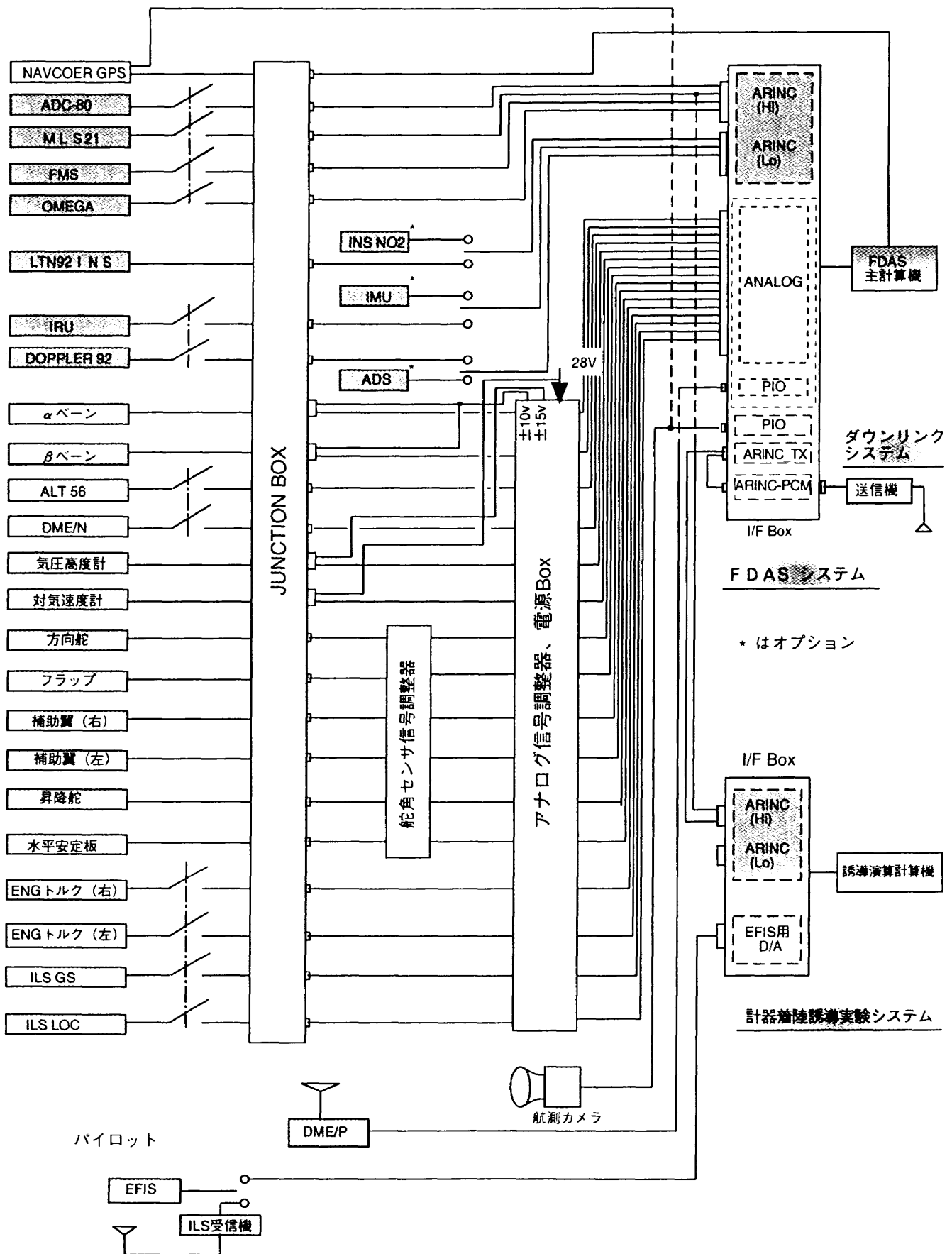


図 4.2 機体改修配線図

### 5. FDAS 及びダウンリンクシステムの評価

ここでは前述の設計方針によって構築した FDAS 及びダウンリンクシステムの機能、性能について行った評価試験について述べる。

図 5.1 に FDAS 及びダウンリンクの運用例を示した。

#### 5.1 評価方法

FDAS 及びダウンリンクの両システムの評価については飛行データの収集機能、ダウンリンク機能が設計方針通りに構築されているかを評価する。FDAS について重要なことは飛行データを精度よく、かつ効率的に収集できるということである。ダウンリンクについては実時間で飛行データを監視できることである。まず地上で評価可能なものについて試験を実施した。

FDAS については地上において評価できる項目として下記の項目を設定して行った。

- 1) FDAS システムの作動確認
- 2) センサ及び各機器との結合確認
- 3) センサ及び各機器の出力信号の妥当性確認
- 4) データ収集機能の確認
- 5) FDAS 各機能の確認

また、ダウンリンクシステムの評価に際しては、

- 1) 模擬データによるダウンリンク地上系の機能確認
- 2) 模擬データによる機体との間の通信実験を行った。

地上での評価を行った後、本来の目的である飛行データの収集及び地上での実時間監視機能の評価を実施した。こ

これらのシステムが地上とはいろいろな意味で異なる飛行環境で機能することを確認するために、飛行評価は不可欠である。

飛行評価は以下の方法で実施した。

- 1) FDAS 機能確認試験として調布飛行場周辺の空域において飛行実験を想定した基本的な飛行操作（表 5.1）による飛行データ収集機能等の評価。
- 2) 名古屋空港周辺空域において実施された「Do-228 型機によるレーザトラッカ及びトラッキングレーダの評価飛行実験」に参加して飛行データの収集及びダウンリンクの実評価。
- 3) 仙台空港周辺空域において実施した MLS データの収集機能確認飛行実験による飛行データ収集機能の評価。

#### 5.2 評価結果

FDAS 及びダウンリンクの地上における各機能は正常に機能することが確認できた。図 5.2, 5.3 に地上評価において実施した FDAS および、ダウンリンクの操作の流れを示す。ここでは両システムの機能についての飛行評価について述べる。

FDAS 及びダウンリンクについて飛行実験による評価の結果については図 5.4~5.9、及び表 5.2, 5.3 に示す。図 5.4 は機能確認のために実施した飛行実験において得られた高度変化のデータ例である。この実験は数種の指定した高度において水平飛行を行ったものであり、ほぼ指定の高度に保たれている様子が見られる。図 5.5 は名古屋空港周辺

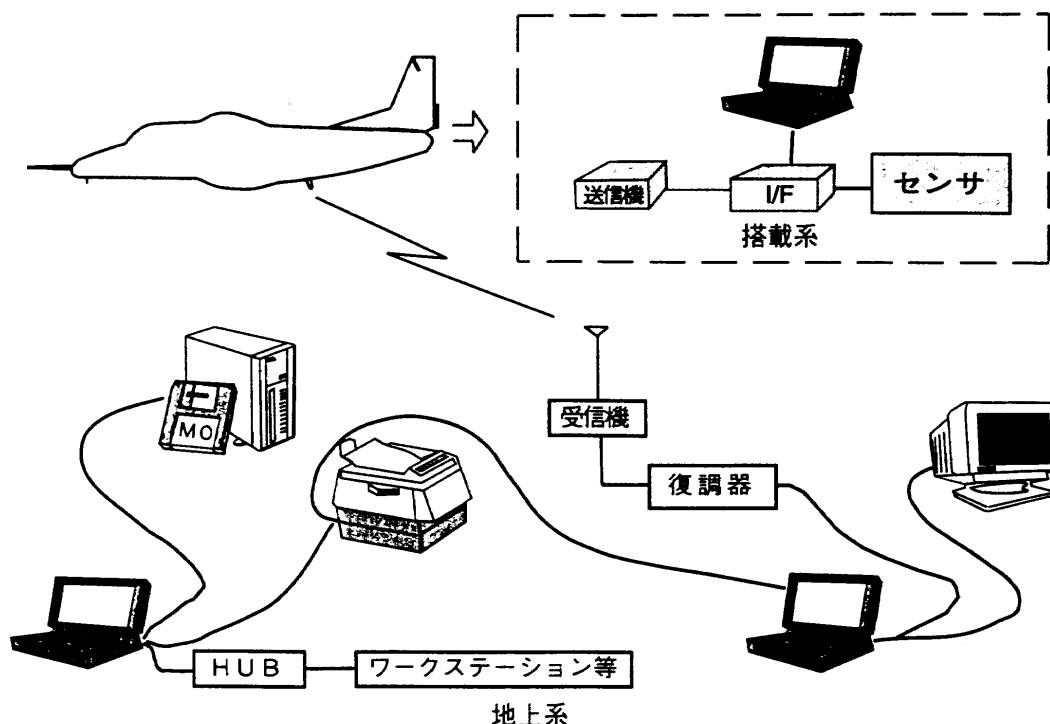


図 5.1 FDAS・ダウンリンクの運用例

表 5.1 新 FDAS 飛行評価項目例

飛行実施要領

目的：FDASの機能確認及びダウンリンクの機能確認

実験方法

- 1・エンジン始動前にINS及びFOGのアライメントを実施する。
- 2・実験用電源供給後、GPSによる衛星捕捉を実施する。(約5分)
- 3・その後、1分間の静止データを取得後離陸。
- 4・離陸後、高度1000Ftにて南北または、東西方向に直線飛行を実施する。  
(往復)
- 5・高度2000Ftにて南北または、東西方向に直線飛行を実施する。  
(往復)
- 6・高度3500Ftにおいて南北または、東西方向に直線飛行を実施する。  
(片道)  
このときのパラメータとして速度(120、140、160 Kt)を設定する。
- 7・高度5000Ftまで上昇した後、3500Ftまで下降する。
- 8・高度3500Ftにてバンク角一定の定常旋回(10度、30度)を実施する。
- 9・着陸後1分間の静止データを取得。

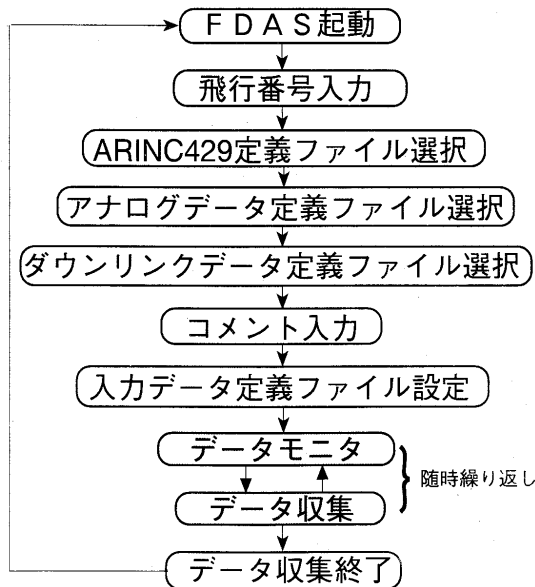


図 5.2 新 FDAS の操作の流れ (例)

において実施された飛行実験で得られたデータのうち FMS から得られた位置データの例である。ここでは名古屋空港を離陸して実験空域まで進出した後、周回飛行や直進飛行の実験項目をこなしている様子が見える。図 5.6, 図 5.7 は同じ実験において収集した位置のデータ例で FMS データと INS データを示す。2つのセンサ・機器データがほ

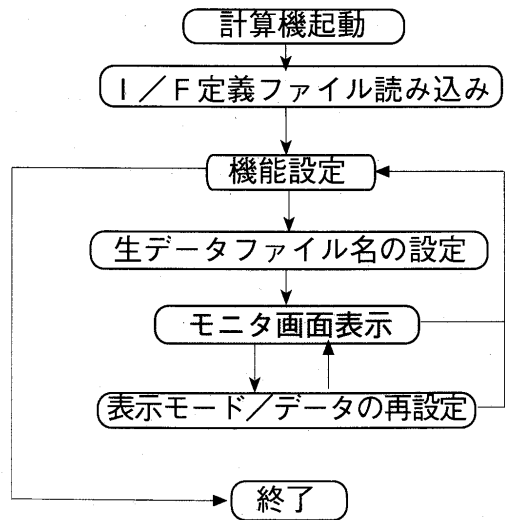


図 5.3 ダウンリンクの操作の流れ (例)

ぼ同じ精度で得られていることが分かる。図 5.8 は仙台空港周辺において実施された MLS データの収集機能確認飛行実験において行った飛行パターンである。その時得られたデータを図 5.9 に示す。この実験においては滑走路中心線に対し直角に飛行した MLS の方位信号データ (Azimuth) の収集及び滑走路中心線延長上を滑走路に向かって飛行した MLS の仰角信号データ (Elevation) の収集を行ったものであり、MLS 信号データを収集できることが確認できた。

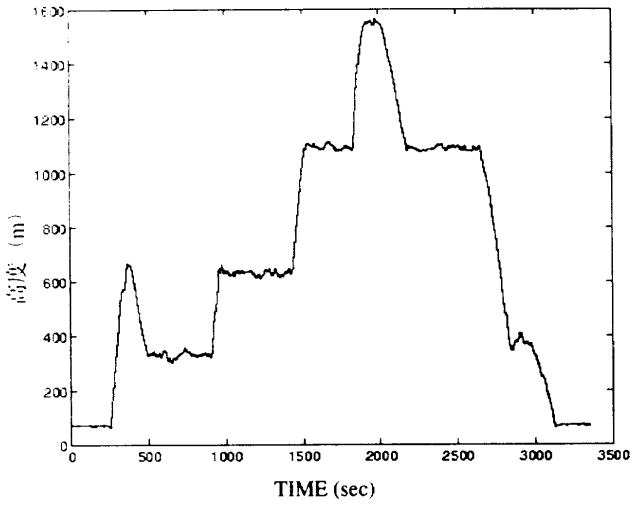


図 5.4 収集データ例 (高度変化: 五孔ピトー管)

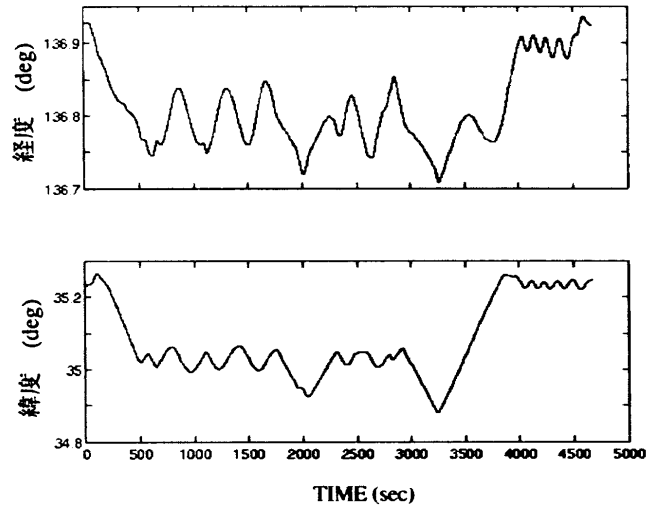


図 5.6 収集データ例 (FMS)

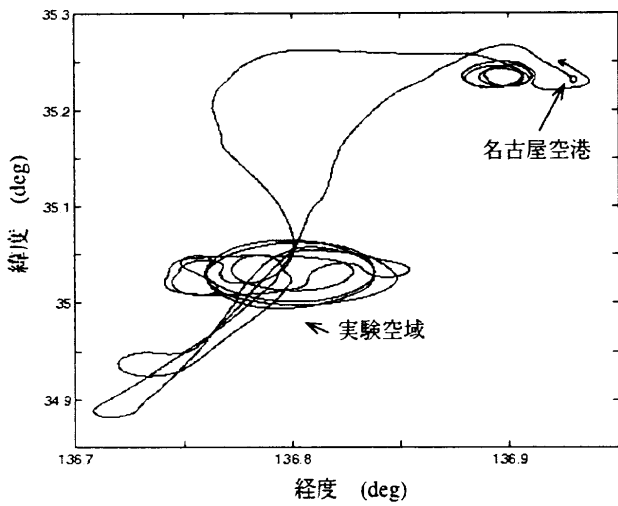


図 5.5 収集データ例 (飛行軌跡)

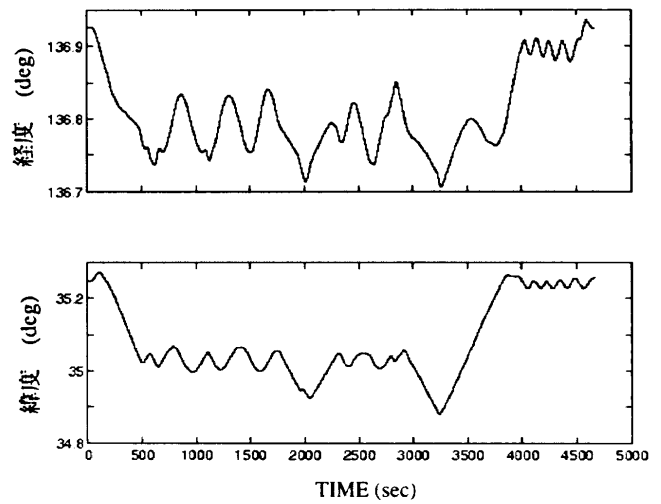


図 5.7 収集データ例 (INS)

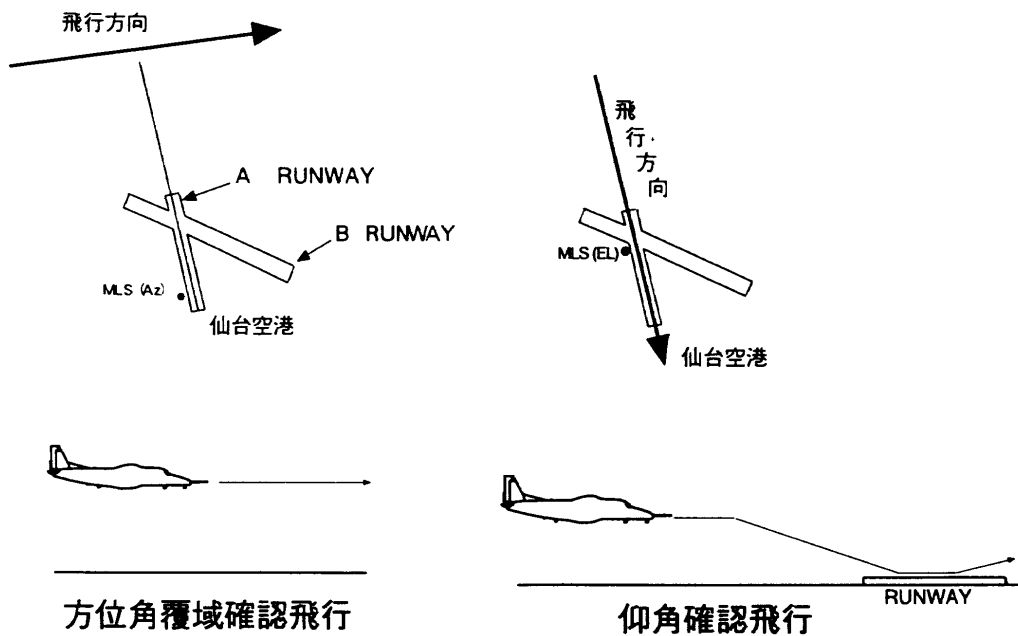


図 5.8 MLS データ収集実験飛行経路

これらのデータから、ドルニエに搭載されているセンサ及び各機器の出力データを収集できることが確認できた。同時に収集したデータ量を表5.2に示す。これによれば、現在までの最大実績から推算して、約4時間のデータ収集が可能であることがわかる。また、表5.3はデータ収集のサンプリング・タイムの例を示す。センサ及び各機器の出力データの頻度とデータ収集頻度がほぼ同じであることがわかる。ただ、センサによってはFDASが付けたタイム・

スタンプとセンサの出力するタイム・スタンプの間に矛盾が生じることが確認できたがこれはセンサが開発品であるためセンサ側に問題があるのか判然としない。このことについては調査のうえ早急に処置することが必要である。

ダウンリンクの評価については名古屋空港周辺の実験に

表5.2 収集結果

データ項目	信号の種類	データ量 (byte/s)
IRU	ARINC429 (Hi)	4040
DOPPLER		200
INS (リットン)		5256
ADS		3584*1
IMU		8080*2
MLS21	ARINC429 (Lo)	2408*1
ADC		1528
OMEGA/VLF		144
FMS		360
GPS	RS232C	331
DME/P	GP-IO	240*1
DME/N、RA、 エンジントルク、 GS、LOC 各操作量	アナログ12Ch	368
カメラ	パルス	-
UTC時刻	1PPS+RS232C	起動/終了時のみ

\*1: 仙台実験のみ収集 \*2: 名古屋実験のみ収集

最大収集データ量 (実績) : 20547 byte/s

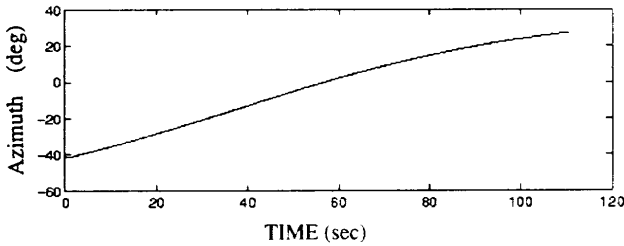


図5.9 収集データ例 (MLS) (1)

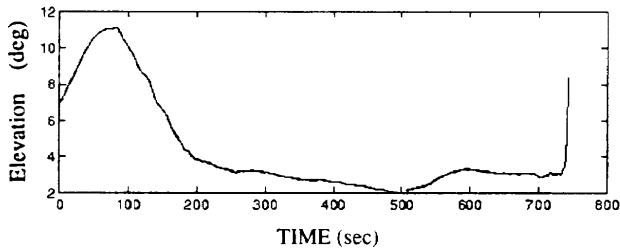


図5.9 収集データ例 (MLS) (2)

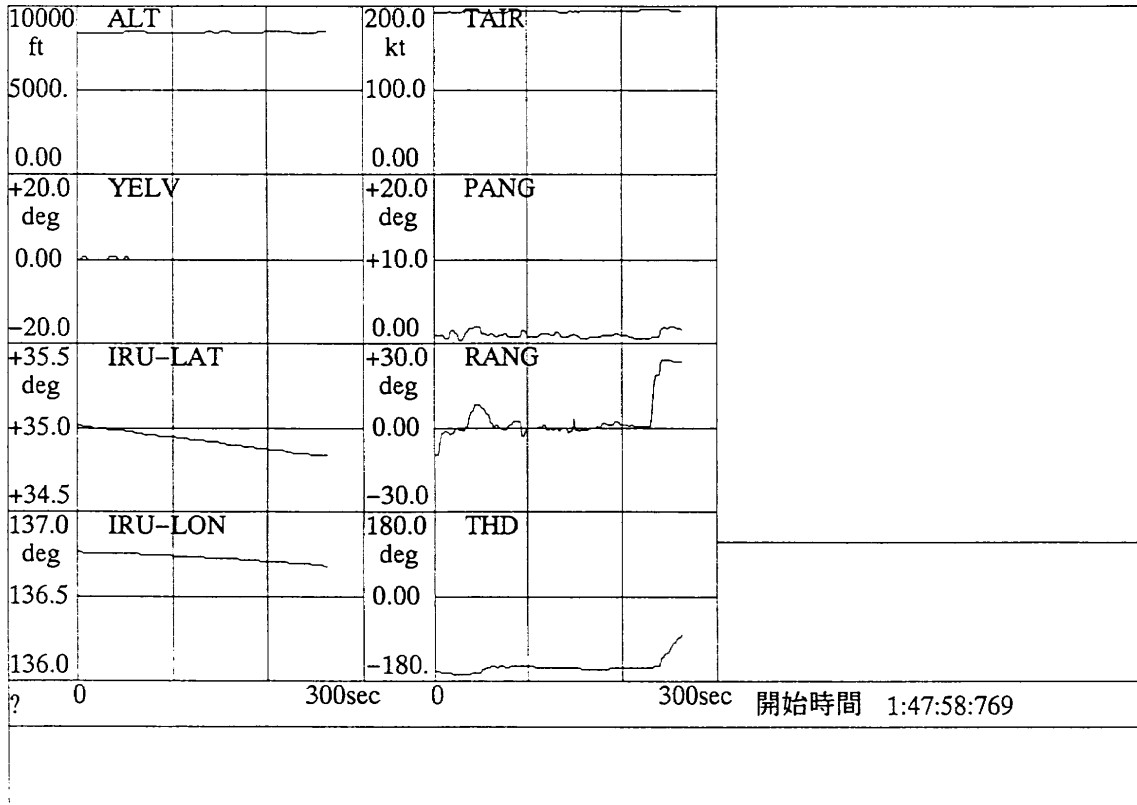


図5.10 ダウンリンク・データ再生例

表 5.3 データ収集頻度 (例)

データ名	センサラベル	カタログ値 (Hz)	収集頻度 (Hz)
位置緯度	INS/310	8	7.981
姿勢角	INS/324	6.4	63.848
慣性高度	INS/361	3.2	31.924
南北速度	INS/366	1.6	15.962
位置経度	DOP/310	3.125	3.113
迎角	ADC/207	1.0	8.644
アナログ		2.5	24.975

において実施された。

ダウンリンクの再生機能を用いて出力した飛行データの例を図 5.10 に示す。この図からダウンリンク機能が飛行実験に充分機能することが確認できた。

以上の評価結果から、これらのシステムはほぼ設計通りの性能を満たすことがわかった。

## 6. まとめ

ドルニエ機における飛行データの効率的な収集と収集時間の拡大を目的にした新 FDAS の構築と飛行実験の効率的遂行を念頭にいたれたダウンリンクシステムの構築を試みた。両システムはほぼ設計目標通りの性能を発揮することが確認できた。この改修によって、旧 FDAS に比べてより汎用性が増し、飛行試験データの取得及び処理が容易になった。また、簡便な移動式ダウンリンクシステムによって飛行データの実時間監視が可能となり、調布飛行場を基地とした飛行実験はもとより、野外飛行実験においても有力なツールとなることが期待できる。

最後に、FDAS、ダウンリンク・システムの構築にあたってソフトウェアをはじめとしていろいろご協力をいただいた(株)東芝、東京航空計器株式会社の関係者の方々、機体改修の労をとっていただいた(株)ジャムコ、飛行実験にあたって御協力、御助言をいただいた運輸省関係諸機関はじめ諸関係機関の方々に深く感謝の意を表す次第である。

## 参考文献

- 1) 飛行実験部：実験用航空機ドルニエ機について、航技研資料 TM-637 (1991 年 7 月)
- 2) 坂井紀穂：実験用航空機 Do-228 の計算機システム、航技研資料 TM-661 (1994 年 1 月)
- 3) 東芝：計器着陸誘導実験装置取り扱い説明書, SPD15-K93031, (1993 年 3 月)
- 4) 東芝：航空機搭載センサ・データ収集システムシステム設計書 SPD15-K94136, (1994 年 10 月)
- 5) 東芝：航空機搭載センサ・データ収集システム取り扱い説明書 SPD18-K95012, (1995 年 3 月)
- 6) 東京航空計器：航空機用ダウンリンクモニタシステム取り扱い説明書, 1200-612500, (1995 年 3 月)
- 7) 小野孝次他：Do-228 着陸航法系飛行実験と計器着陸誘導実験システムについて、第 33 回飛行機シンポジウム前刷集 P665-668, (1995 年 11 月)

---

## 航空宇宙技術研究所資料 699号

平成8年9月発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1  
電話三鷹(0422)47-5911(大代表)〒182  
印刷所 株式会社三興印刷  
東京都新宿区西早稲田2-1-18

---