新 ASDAR システムについて

Introduction to Operational ASDAR system

日 谷 道 夫*

Michio Hitani*

Abstract

ASDAR (Aircraft to Satellite Data Relay) is the meteorological avionics systems which automatically sample, record and transmit meteorological observations. The operational ASDAR unit transmits additional information compared with the prototype unit which has continued to function still in service. The initial deliveries of the new flight units are expected dy mid-1985. We will revise the data collection system to process the new ASDAR data by October 1985.

1. ASDAR の概要

ASDARは航空機に搭載された気象データを静止気象衛星経由で自動的に通報してくるシステムで，77年からプロトタイプの試験運用が行われて来た。我国は第一次GARP全球実験期間に合わせ，78年9月にASDARデータ収集システムを開発し，79年1月からデータの収集を開始した。ASDARは慣性航法システムと航行データ収集装置を装置した大型航空機用に設計されており，それらから必要データを受け取り，1時間分のデータをストアして決められた時間にそのデータを衛星経由で送信してきている。このプロトタイプ ASDAR は17機の飛行機に搭載され，大半はその役目を終え，GMS の収集領域内で84年11月現在，Table 1のように6機が運航されている。

プロスタイプ ASDAR の実績を踏まえ，新しいASDAR の検討が ASDAR 開発コンソーシアム (CAD : Consortium for ASDAR Development) を中心に行われてきた。CADは米国，英国，西独，オーストラリア，カナダ，ニュージーランド，オランダとサウジアラビアの8ヶ国で構成されている。新ASDARはオペレーショナルASDARと呼ばれ，航空機の離発着時の観測頻度を上げ飛行場付近の鉛直断面データを取得し，巡航中は従来通り7分30秒毎に観測を行うように設計されている。その他，緊急送信の機能を持たせることが検討されている。新ASDARの展開は85年中期から86年始めには30〜50機が，87年末までには75〜100機が見込まれている。

Table 1 List of prototype ASDAR. 6 units are still in operation as of Nov. 1984.

Data ID	Tail Nos	Airline; A/C Name	in operation
PA001Z	N657PA	PANAM "Clipper Arctic"	
KL002Z	PH-BUB	KLM "Donau" (Holland)	
SK003Z	LN-RNA	Scandinavian Airlines System	
QF004Z	VH-EBF	QANTAS (Australia)	o
LH005Z	D-ABYL	Lufthansa (W. Germany)	
006Z			
QF007Z	VH-EBI	QANTAS	o
QF008Z	VH-EBD	QANTAS	o
QF009Z	VH-EBG	QANTAS	o
QF010Z	VH-EBJ	QANTAS	o
US011Z	C-141	USAF/MAC	
012Z			
SQ013Z	QV-SQF	Singapore	
SQ014Z	QF-SQE	Singapore	
SQ015Z	QV-SQG	Singapore	
BA016Z	GB-DXB	British Airways	
BA017Z	GB-DXC	British Airways	
SA018Z	ZS-SAP	South African Airways	o
SA019Z	ZS-SAO	South African Airways	

なお，現在の収集システムについては桃井・坂井 (1980) を参照されたい。

2. ASDAR データの評価

航空機から気象データを自動通信するシステムには，超短波または短波で高速に地上へ直接送る ACARS (Aircraft Communication Addressing and Reporting System) と AIRCOM(Air-ground Communications),

* 気象衛星センターシステム管理課，Meteorological Satellite Center

衛星経由でデータを送るASDARがある。米国では各種通信手段を組合せた気象データ中継システムをAMDAR (Aircraft Meteorological Data Relay) と呼んでいる。ACARS や AIRCOM は B-747, DC-10 等に装備され，大陸横断する航空路で利用されている。

第一次 GARP 全球実験期間終了後，ASDAR や ACARS についての報告がなされている (Sparkman et al., 1981)。それによると，ASDAR の風データは上層で分散が 1～2 m/s でレーウィン・ゾンデと同等であり，気温の分散は 2～5°C となっている。静止水象衛星調整会議 (CGMS: Coordination of Geostationary Meteorological Satellite) の資料等でも，上層の風について同様の報告が行われている。オーストラリアは ASDAR に対して熱心な国であり，現在も5機の運用を行っている。オーストラリア数値気象研究センターでは，比較モデルを使って比べたところ，ASDAR, AIDS (Aircraft Integrated Data System: カセットにデータを記録し後で回収するシステム) 等，単一高度の風を含めた方がスキルスコアが改善されている。

日本付近での ASDAR データとレーウィン及びレーウィン・ゾンデ・データとの比較を Table 2 に示す。以下の方法で比較を行った。

①ASDAR データとラジオ・ゾンデ（レーウィン及びレーウィン・ゾンデ)

00Z±3時間及び12Z±3時間以内についてはレーウィン・ゾンデのデータ

06Z±3時間及び18Z±3時間以内についてはレーウィンのデータ

②高層気象観測所の地点を中心として緯・経度共±1°以内の範囲の ASDAR データとの比較

③ASDAR データの飛行高度を気圧 (mb) に換算し，ラジオ・ゾンデ・データの特異点データを内挿して同じ高度 (mb) レベルの値と比較

④上層と下層とを 600 mb で区分

ASDAR の平均風速が小さいと，風向差が大きく，風速差が相対的に大きい特徴が見られる。館野の下層では，風速がほぼ同じ那覇と同程度の差がみられる。風速が大きい場合について比較したものを Table 3 に示す。Table 3 では ASDAR, ゾンデとも風速が 10 m/s を越えたものについてだけまとめたものである。Table 2 に比較して相対的な風速差が小さくなり，風向差も小さくなっていることがわかる。

航空機の上昇/下降中のデータとゾンデ・データとの比較は，米国で観測の時間間隔を短くして行われており，巡航中のデータと同じ程度の差であるという結果が得られている。ただ，高度が 300 m 以下で風速は飛行機の姿勢により大きな影響を受けることと，ゆるやかに横方向に移動中には5ノット程度の誤差があると言われている。このため，有効な風データかどうか判断できるように，たとえば飛行機のロール角度を観測パラメータに加えることが検討されていた。実際に有効なデータが選択できれば，飛行場周辺の鉛直方向の風と温度の分布が得られることになる。

館野上空付近では新東京国際空港を離発着する ASDAR を搭載した航空機も多く，各高度ごとのデータも豊富なので，100 mb ごとにまとめたものを Table 4 に示す。下層ほど風速が小さいこともあり，風向差・相

Table 2 The differences between ASDAR wind and radiosonde wind.

	Numbers	Mean Differences of Wind			Mean Level	Mean ASDAR Wind Speed
		Vector	Direction	Speed		
Naze	20	5.3	24.1°	2.8m/s	271mb	13.0m/s
Naha	9	5.7	33.9	3.7	272	10.7
Tateno	21 68	6.4 5.1	13.4 30.5	4.4 3.3	442 787	21.3 9.4
Hachijojima	20	6.9	10.5	5.0	283	26.0
Kagoshima	17	4.9	13.6	2.7	243	22.2
Shionomisaki	22 2	7.4 4.0	15.9 9.5	4.6 3.0	272 756	22.9 15.0
Total	179	5.7	22.1	3.7		16.1

Table 3 Same as Table 2, but for wind speed greater than 10 m/s.

	Numbers	Mean Differences of Wind			Mean Level	Mean ASDAR Wind Speed
		Vector	Direction	Speed		
Naze	7	3.4	7.3°	1.9m/s	283mb	21.1m/s
Naha	2	3.5	10.0	3.0	275	18.5
Tateno	15 16	6.8 4.8	10.9 13.0	4.5 2.3	397 679	26.5 16.5
Hachijojima	17	7.2	10.9	5.0	284	29.2
Kagoshima	14	5.1	8.8	2.9	257	26.0
Shionomisaki	20 2	7.5 4.0	14.9 9.5	4.7 3.0	279 756	24.3 15.0
Total	93	6.0	11.4	3.7		23.9

Table 4 The difference between ASDAR and radiosonde wind at every 100 mb level at Tateno.

Level	Numbers	Mean Differences of Wind			Mean ASDAR Wind Speed
		Vector	Direction	Speed	
200mb	4	6.0	11.5°	3.0m/s	24.0m/s
300	1	6.0	12.0	5.0	15.0
400	8	7.4	11.8	5.5	27.8
500	8	5.8	16.0	3.9	14.4
600	21	5.3	22.0	2.8	13.4
700	14	5.1	26.6	3.3	9.1
800	16	5.3	37.3	3.9	8.1
900	17	4.6	37.7	3.2	6.6

Table 5a Input data from operational ASDAR.

The Coding of ASDAR Data

Environmental Data

P S 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0
first trans.bit
P is the parity bit, transmitted last and chosen to be odd.
S is the set bit, set to 1 to denote the data.

For values encoded on several consecutive bytes,

P S $2^{11}2^{10}2^9$ 2^8 2^7 2^6 P S 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0
first trans. bit / first trans. byte — first trans. bit / second trans. byte

Report Structure

ID1	ID2	STA	LAT1	LAT2	LAT3	LONG1	LONG2	LONG3	T1	T2	FA1	FA2	FA3	TMP1	TMP2	WD1	WD2	WS1	WS2	TUR	SP

first trans. byte — 22 bytes — last trans. byte

ID - aircraft identification
STA - status
LAT - latitude in degrees, minutes, 1/10 minutes
LONG- longitude in degrees, minutes
T - time in hours and minutes (U.T.)
FA - flight altitude in feet
TMP - temperature in degrees Celsius, 1/10 degrees
WD - wind direction in degrees from North
WS - wind speed in knots
TUR - turbulence
SP - space character used as delimiter

Status

SIGNIFICANCE FOR BIT STATE	ORDER OF TRANSMISSION 6th	5th	4th	3rd	2nd	1st
Phase of flight-climb					1	0
Phase of flight-level					0	0
Phase of flight-descent					0	1
Phase of flight-unsteady					1	1
Temperature accuracy low				0		
Temperature accuracy high				1		
Navigation system is not OMEGA			0			
Navigation system is OMEGA			1			
Observation is routine		0				
Observation is max-wind		1				
ACARS interface is inoperative	0					
ACARS interface is operative	1					

Current Structure

```
%:833062151084224017428-1327802l
%:832171151173223238755-64220075%:
  LAT     LONG    T    FA    TMP WD WS
```

% - carriage return
: - line feed
International Alpherbet No. 5 Code

Table 5b GTS code format of operational ASDAR.

NEW ASDAR GTS CODE FORMAT

```
UAXX2 (identification has been changed)
AIREP
ARP  QF010Z  4450N  00912E  0840  F389  MS534  303/030  S0000=  (one line for
                                  or    or               1111=  each separate
                                  M012  PS104            2  2=  observation)
                                                         3  3=

                                       as appropriate
```

The nine groups from left to right are: indicator, aircraft identifier, latitude, longitude, time, flight level, temperature, wind direction/speed and status.

Flight level: 100's of feet (rounded)
F for positive
M for Negative (minus)

Temperature is given in tenths of a degree.

Status: S = indicator for group

1st = Phase of Flight
0 = Climb
1 = Level
2 = Descent
3 = Unsteady

2nd = Temperature Reliability
0 = Low
1 = High

3rd = Navigation
0 = Not OMEGA
1 = OMEGA

4th = Turbulence
0 = None
1 = Slight
2 = Moderate
3 = Severe

CURRENT ASDAR GTS CODE FORMAT

```
000 32887
UAPS10 RJTD 191740
AIREP
ARP QF010Z 3306S 15108E 2240 F174 MS13 278/021=
ARP QF010Z 3217S 15117E 2232 F387 MS64 220/075=
ARP QF010Z 3127S 15124E 2225 F387 MS62 210/081=
ARP QF010Z 3040S 15143E 2217 F387 MS64 204/081=
ARP QF010Z 2952N 15203E 2210 F387 MS61 197/078=
ARP QF010Z 2905N 15223E 2202 F371 MS60 189/082=
ARP QF010Z 2816N 15244E 2155 F228 MS20 224/020=
ARP QF010Z 2735N 15304E 2147 F064 PS10 164/004=
```

対的な風速差が大きくなっている。

これまで行われてきたプロトタイプASDARの実験から，ASDARのデータは有効なものであるといえる。

3. 新 ASDAR のデータ

新 ASDAR の特徴として，離着陸時の上昇/下降中の観測密度を高くして鉛直方向のデータを取得することがある。その他，乱気流，過去1時間の最大風速を送信してくることも上げられる。新たなデータを衛星経由で送るため，収集したデータを GTS 経由で送るために，それぞれ新しく決められたデータフォーマットを Table 5 に示す。現在の ASDAR と比べると，航空機 ID，ステータス，乱気流の情報が追加されており，1観測分のデータは10項目になっている。

ステータスは Table 5a の通りで，航空機が上昇中なのか，下降中なのか，水平飛行中なのか，それとも不安定な状態にあるのかを示し，温度精度が良いのか悪いのかを示している。その他，航法システムが OMEGA なのかどうか，最大風速なのかどうか，そして ACARS インターフェースが稼動中なのかどうかの情報を持っている。

乱気流は加速度計で測定されたデータを，ICAO (International Civil Aviation Organization) の航空委員会による乱気流階級に従って通報してくる。階級は下記の通りである。

なし	0.2g 以下
弱	0.2g〜0.5g
並	0.5g〜1.0g
強	1.0g より大

飛行高度と温度については，これまでのプロトタイプに比べて一部データの内容が変わっている。飛行高度は1013.25 mb を基準にしているため，高度計の値がマイナスを示すことがある。このため，マイナスの高度も送れるフォーマットになっている。温度に関しては，現在の 1°C 単位から 0.1°C 単位に変更されるとともに，ステータスに温度精度の情報が加えられている。すなわち，一部古い型の飛行機では，飛行中機体の発熱の影響を補正する処理が不十分で温度精度が 2.0〜3.0°C と低く，一般の大型機では 0.5〜1.0°C であるため，温度精度が高いか低いかのステータスが観測データに付加されている。

離発着時に観測を行う高度は Table 6 の通りであるが，着陸時のデータ収集率はあまり高くないだろうと予想されている。ASDAR ユニットに割り当てられた送信

Table 6 ASDAR profile sampling.

	cruise level
25,000 feet	
23,000	
21,000	
19,000	
17,000	
15,000	
13,000	
11,000	
9,000	21 observations
7,000	
5,000	
4,000	
3,000	
2,000	
1,500	
1,000	
800	
600	
400	
200	
0	surface

時間までに着陸した場合，ASDAR 関係の電源が切られてしまうことも考えられ，離陸時の半分程度であろうと考えられている。低高度での風の不良データをステータス情報を参考にして取り除けば，有効なデータを豊富に利用できることになる。

1観測分のデータをレポートというが，飛行状態によってはかなりの量の観測レポートを1回の通報で送ってくることになる。地上から25,000フィートまで上昇する間に21回の観測を行い，所要時間が16分程度であるとすると，残り44分間に巡航高度の観測を6回行うことができる。それに過去1時間の最大風速を記録したときの観測を加え，最大28レポートが1つのメッセージとして1回の通報で送られてくる。これだけのデータ量をプロトタイプで使っている，インターナショナル・アルファベット No. 5 コードの8ビット構成で，CGMS で決められたデータ長649バイト以内で送ることは不可能である。このため，6ビットのバイナリにセットビット，奇数パリティビットを加えたビット構成を採用している。8ビット構成については Table 3a の通りである。1レポートは21バイトのデータにレポートの区切りの No. 5 コードのスペースを加えたバイトであるから，最大28レポートを送るためには616バイト必要になる。これにより，若干のパラメータの追加，レポートの追加も可能とな

る。このデータを送るには，送信レート 100 bps で約50秒間必要となる。

航空機の緊急時に特別の警報を送信する機能を持っているが，送り方は現在検討されているところである。提案されている内容は，最大30バイトの特別なメッセージを直前の観測データ22バイトに付け加え，52バイトの警報を他の ASDAR のメッセージと重ならないように送信するというものである。ASDAR の送信時間は2分間隔で決められているので，割当時間の1分30秒後から15秒間をガードタイムとして緊急送信用に使うことが検討されている。

4. 新 ASDAR データの処理

現在の ASDAR データ収集システムは CDAS の DCP フォーマット変換装置で，AIREP コードに変換しているが，新 ASDAR の6ビット・バイナリデータを処理することはできない。当面プロトタイプも運用されるため，新旧両方をサポートすることが WMO 等から求められている。このため，新 ASDAR にも対処できるように収集システムを改造する必要がある。この改造で完全ではないがほとんどのデータを処理でき，ADESS を経由して GTS へ配信することができる。我国は1985年10月までに新 ASDAR の処理ができるようになれば良いことになっている。

現システムでは下記のような制約があるが，大部分は収集することができる。

①計算機システムの通信制御装置が調歩式しかサポートしていないため，CDAS で IDCP については同期一調歩（8ビット-11ビット）の変換を行っている。

②オンライン系の他の業務に影響を与えずにプログラムの更新ができるように，収集時間を限って運用している。

③CDAS の DCP フォーマット変換装置は，船舶用2回線，ASDAR 用1回線しか用意されていない。

④オンライン系計算機のメモリの余裕の範囲で収集プログラムを改造する必要がある。

これらの制約から，新旧 ASDAR の処理は CDAS で同期一調歩の交換だけを行い，AIREP コードへの変換は計算機で行うことを検討している。現在の ASDAR 収集プログラムと DCP 収集プログラムを一本化し，収集時間帯を Fig. 1 のように長くするとともに ADESS への配信回数を多くすることで，ほとんどの ASDAR データを収集後すぐに GTS へ流すことができる。

このように改造すれば，プロトタイプの処理と大部分

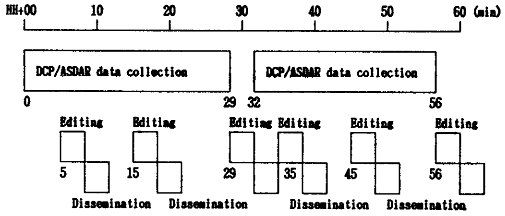

Fig. 1 Time schedule plan of DCP/ASDAR data collection.

の新 ASDAR の処理ができるようになるが，上昇/下降中の多数のデータが送られてきた場合には一部のデータが時間切れで収集できなくなり，完全な形で AIREP コードを配信できなくなる。気象衛星センターのシステムの限界は以下の通りである。

①ASDAR 用に割り当てられる DCP フォーマット変換装置の回線は1回線だけである。

②一般の DCP と処理を一本化するため，収集時間は50分程度になる。

③IDCP の場合，収集できるデータは 464 バイト（21レポート）以内である。

プロトタイプは IDCP 用回線の17チャンネルに割り当てられているが，送信時間を整理して17チャンネルから順次オペレーショナル ASDAR に割り当てていくことになっている。新たな ASDAR の展開と共に18，19，……チャンネルと回線をふやして行き，最終的に33チャンネルまでの17回線を使うことが国際的に承認されている。タイム・スロットを2分として 500 機程度を収容することができるが，当面気象衛星センターでは26機程度までしかサポートすることができない。1987年3月には計算機のリプーレスが完了し，新システムでの運用が始まる予定であるが，この段階で完全なサポートができるようになる。

5. おわりに

新 ASDAR 計画に対し1983年の第12回静止気象衛星調整会議で，我国が完全には対応できない現システムで可能な限りの努力をすると態度を表明して以来，約2年が経過した。この間，データ・フォーマットおよび GTS へ配信するための新しい AIREP コードも決まり，10月に向けて ASDAR 収集システムを改造する段階にさしかかった。新しい計算機システムを十分に考慮した改造を行い，移行がスムーズに行くように，そして早く完全な処理ができるよう念願するしだいである。最後に ASDAR のデータに関する資料と助言をいただいた気象

衛星室坂井調査官に深く感謝致します。

RSferences

J. K. Sparkman, Jr. and J. Giraytys, 1981: ASDAR: FGGE Real-Time Data Collection System, Bull. Am. Meteorol. Soc., **62**, 394-400.

桃井保清，坂井武久，1980：GMS による気象資料の収集方式，気象衛星センター技術報告，特別号 I -1, 63-80.