

沖ノ鳥島観測システム用マルチID アルゴス大容量データ伝送システム

中埜 岩男*¹ 藤森 英俊*¹

沖ノ鳥島においては、従来、シングルIDのアルゴス送信機で気象・海象観測データを送信していたため、アルゴスシステムでは十分にはデータを受信できず、海洋科学技術センターにおける準リアルタイム観測は不可能であった。しかし、この点を改善するため、アルゴスシステムが提供するマルチID機能を取り込んだマルチIDアルゴスデータ伝送装置を開発し、既存のシステムと組み合わせてアルゴス大容量データ伝送システムを構成した。このデータ伝送システムは、9チャンネルのマルチIDを利用して288バイト/200秒のデータ伝送能力を有している。沖ノ鳥島で30分ごとに観測された気象データは、最新18回(9時間分)のデータが蓄積され、このデータ伝送システムを利用して海洋科学技術センターまで伝送され、専用の処理システムにより適切に処理されることにより、沖ノ鳥島の気象観測データの忠実な復元と大幅な信頼性向上が可能であることを実証し、沖ノ鳥島の気象観測のリアルタイム観測化と無欠測化に成功した。

キーワード：データ伝送，アルゴスシステム，マルチID

Argos Multi-ID Data Telemetry System For Okinotorishima Weather Station

Iwao NAKANO*² Hidetoshi FUJIMORI*²

From Okinotorishima to JAMSTEC, meteorological and marine observations were telemetered by a single-ID Argos transmitter. However, the Argos system could not collect all of these data. Therefore, JAMSTEC could not reconstruct a proper time-series of these data in real-time in Yokosuka. The telemetry system was expected to be greatly improved and enhanced by using an optional multi-ID function released for the Argos system. Then, the multi-ID Argos data telemeter was newly developed and combined with the other existing devices to construct an enhanced Argos multi-ID data telemetry system.

This data telemetry system uses 9 ID's and can telemeter 288 bytes per 200 sec. Meteorological data are updated every 30 min at Okinotorishima are stored in the latest 9 hr data (18 datasets) and telemetered from Okinotorishima to JAMSTEC (Yokosuka) using this system. Also, the telemetered data is processed by the workstation and converted into the meteorological data. These data are almost perfect for monitoring the environmental changes at Okinotorishima in real time.

Key Words : Data telemetry, Argos system, Multi-ID

* 1 海洋観測研究部

* 2 Ocean Research Department

1 はじめに

海洋科学技術センターでは、1988年から、沖ノ鳥島における試験的な気象海象観測を開始した¹⁾。続いて1989年には、沖ノ鳥島の厳しい環境下で使用可能な気象海象観測システムとして、自然エネルギー（太陽エネルギー及び波浪エネルギー）を動力源とするエネルギー自給型簡易観測システムを開発した²⁾。この観測システムは、アルゴスシステム³⁾を利用して、沖ノ鳥島から海洋科学技術センターまで観測データを毎日伝送してきている。海洋科学技術センターでは、このデータを直接受信するため、1990年にアルゴス受信システムを設置し、稼働させている。

沖ノ鳥島からは、1992年までは気象及び海象観測データ、1993年からは気象観測データのみの、1時間ごとに更新された観測データを常時送信していたが、海洋科学技術センターでは、この1時間ごとの観測データすべてを受信することはできなかった。この原因は、アルゴスシステムが、米国の極軌道気象衛星NOAA（以下アルゴス衛星と称す）に搭載された受信機を使用していることにある。アルゴス衛星は軌道上の制約により、1日に10回前後しか沖ノ鳥島からの送信データを受信できないため、沖ノ鳥島の送信データのうちの半数以上が未受信データとなり、気象観測に必要な定時観測データを受信することは困難であった。

このような沖ノ鳥島からの未受信データを最小限に抑えるためには、アルゴスシステムの大容量化を図る方法や静止通信衛星を利用する方法などが考えられる。しかし、インマルサットC等の静止通信衛星を利用する方法は、既存システムを放棄し新規にシステムを開発することになるので採用しなかった。既存のシステムを有効に活用して伝送データの大容量化を図るには、アルゴスシステムが提供しているマルチID（送信機の認識番号）送信機能を利用する方法が、ハード面ではアルゴス送信機の改造のみで済むことから最適であると判断した。マルチIDを利用した大容量データ伝送システムを開発する上では、1回に送信する全データ伝送量を決定することが重要である。そこで、これまでのシングルIDの実測データに基づき、沖ノ鳥島の気象計の測定間隔を30分、最大許容未受信時間を9時間と設定し、必要なIDの個数は9個とした。さらに、送信データ量を節約するため、アルゴスシステムで送信するデータは、気象データのみ限定し、海象データは、内蔵記録のみとした。

これに基づいて、気象計専用通信インターフェイスの改造とマルチIDアルゴスデータ伝送装置の開発を行い、

これらを組み合わせてアルゴス大容量データ伝送システムを構成した。沖ノ鳥島においてこのシステムを1994年から試験的に運用し、1997年から本格的な運用にはいった。

2 未受信時間

アルゴス衛星は、高度830km、周期102分、軌道面速度毎時西向き25°の太陽同期の極軌道を航行しているため、地球上の1点でみると毎日2回ほぼ決まった時刻に衛星が通過する。さらに、アルゴス衛星は地表面の直径5,000kmの範囲を通信可能とするので、1周期後でも若干のオーバーラップ区域が生じる。このオーバーラップ区域は高緯度になるほど大きくなり北極や南極では毎回通信可能範囲に入る。このため、低緯度でも毎日2回の外にその直前または直後の軌道でも受信可能となる。したがって、1日あたり平均して2～3回受信回数が増加することとなり、1衛星について1日あたり4～5回受信できることになる。アルゴス衛星は、同時に2衛星が約6時間の時間差で航行しているので、1日8～10回沖ノ鳥島からの送信データを受信できることが期待される。

実際に、1993年8月に沖ノ鳥島の1時間ごとの観測データを受信したときの受信状況を図1に示す。この図では、アルゴス衛星の受信時間帯が2つあり、1つは2時～9時、もう1つは、13時～20時であることが分かる。これは、アルゴス衛星の航行周期が約6時間ずれていることとその変動に偏りがあることを示している。図1の毎日の受信データの個数を棒グラフで表したものが図2である。この図から、最低は6回、最高は11回であり、最多回数は8回であることが分かる。これは、アルゴス衛星の軌道と沖ノ鳥島の緯度の検討から予想された受信回数に一致している。さらに、図1の受信データ間の時間間隔をヒストグラムとして表したのが図3である。図3によると受信データと次の受信データの時間間隔は、1時間と2時間にピークを持っていることが分かる。この2つのピークは、衛星の周期が102分であり、沖ノ鳥島のデータの更新周期が60分であるため、これらの周期のズレにより、アルゴス衛星が1時間ごとの連続したデータを受信する場合と、データが1個抜けた非連続データを受信する場合とに対応している。また、6時間にもピークを持っている。これは、2つの受信時間帯の時間間隔に相当し、2個のアルゴス衛星がほぼ6時間遅れで航行しているために生じているものと考えられる。

しかし、図3を詳細に検討すると、10時間が1回、11時間が1回、13時間が1回発生していることが分かる。

これは、アルゴス衛星の軌道が一定ではなく、常に変化しているために生じているものと考えられる。別の月についても時間間隔が9時間以上に長くなっているデータが見られるが、その頻度は月に数回で無視できる程度である。したがって、アルゴス衛星の軌道の変動を考慮すると、実用的には過去9時間分のデータを常時記憶し同時に送信しておけば、未受信データをほぼ完全に防止できることが期待される。

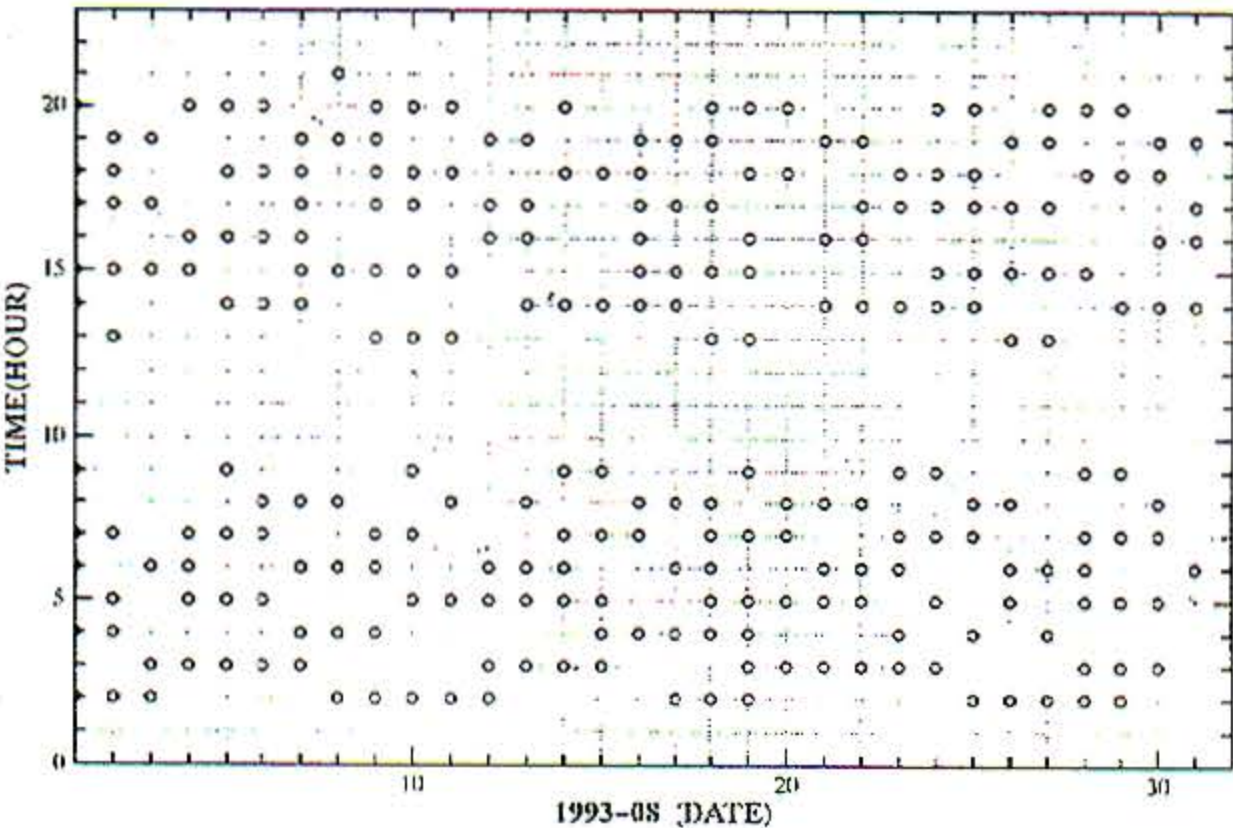


図1 シングルIDアルゴス伝送装置によるデータ受信状況 (1993年8月)
 Fig. 1 Data Reception using the single-ID Argos transmitter (August 1993)

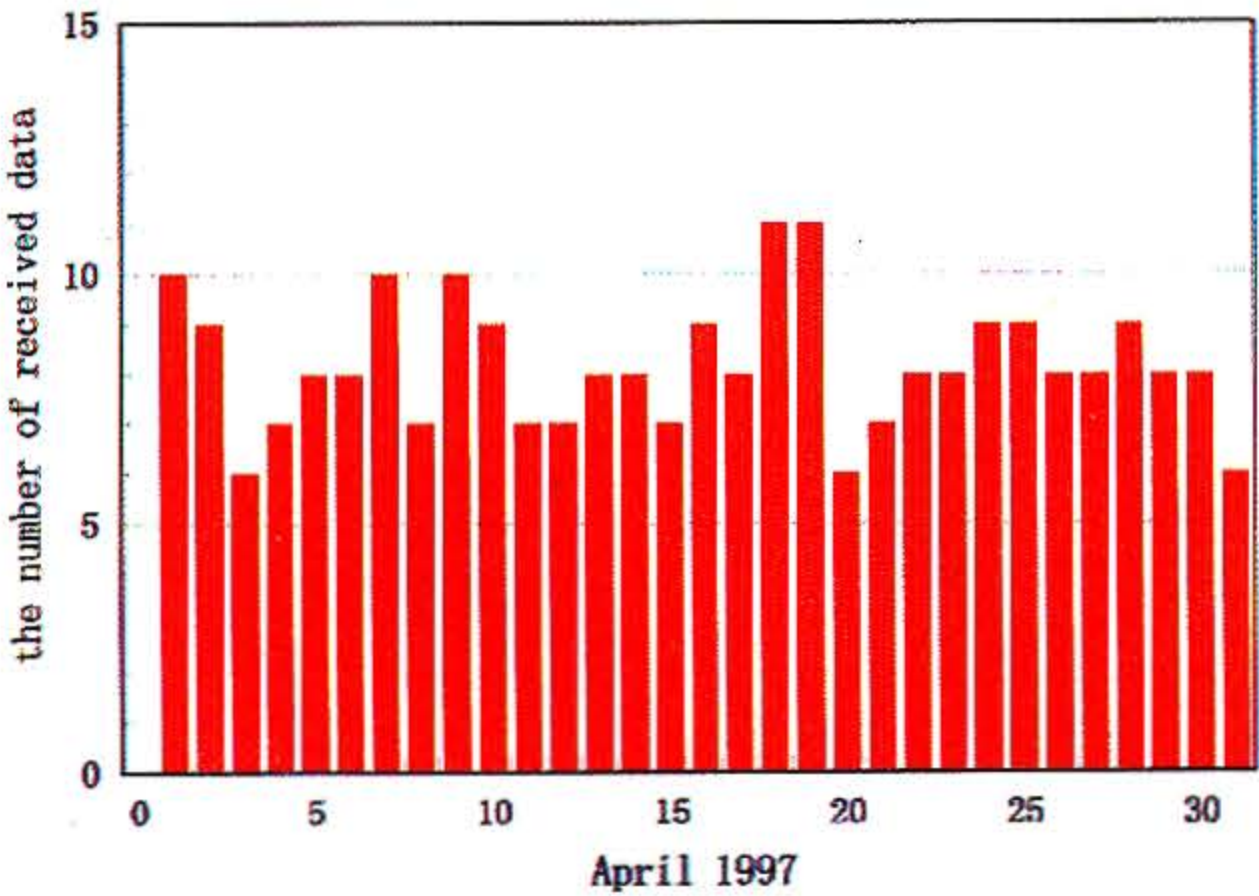


図2 シングルIDアルゴス伝送装置による毎日のデータ受信回数 (1993年8月)
 Fig. 2 The number of Daily data Reception based on the data of August 1993

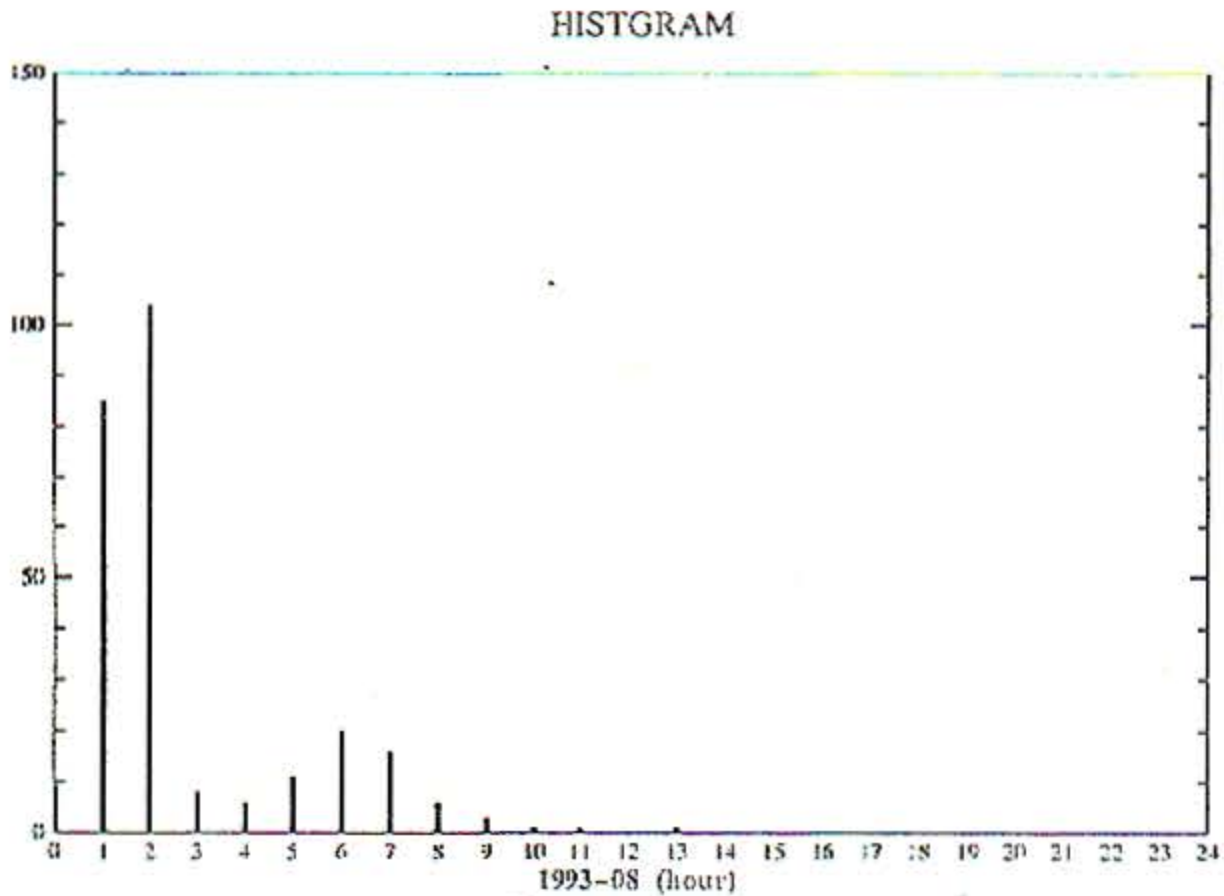


図3 データ受信時間間隔のヒストグラム (1993年8月)
 Fig. 3 Histogram of data reception time interval

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
月	日	時	分	風速 (下位)	風速 (下位)	風向 (下位)	日射 (下位)	気温 (下位)	気圧 (下位)	湿度 (下位)	放射 (下位)	風速 (下位)	風向 (下位)	気温 (下位)	湿度 (下位)	放射 (下位)
				(平均)	(最大)											
																上位 4ビット

図4 データの構成
 Fig. 4 Order of Observed Data

DATA 1	DATA 2	32 バイト
DATA 3	DATA 4	32 バイト
DATA 5	DATA 6	32 バイト
DATA 7	DATA 8	32 バイト
DATA 9	DATA 10	32 バイト
DATA 11	DATA 12	32 バイト
DATA 13	DATA 14	32 バイト
DATA 15	DATA 16	32 バイト
DATA 17	DATA 18	32 バイト
計 288 バイト		

図5 マルチIDアルゴス伝送装置内部に格納された観測データセット
 Fig. 5 Observed Data Sets stored in multi-ID Argos Transmitter

3 送信データ

沖ノ鳥島の気象変化を忠実に監視するためには、測定周期60分では困難であり、また、使用しているアンデラ気象計の特性のため、測定周期（ここまで60分）内の平均風速しか測れないので、平均風速をできるだけ標準の10分間の平均風速に近づけるためには、60分より短い30分間隔で測定することが必要である。この仕様変更に伴って必要とされる送信データ量は、気象データと時刻データで1回当たり16バイトとなり、30分周期ではその2倍が必要となる。9時間分のデータ保持するためには、更にその9倍が必要であり、合計で18倍の288バイトが必要となる。シングルIDでは32バイト送れるので、必要なIDの個数は9個となる。ただし、ここでは送信データ量を節約するため、気象計のデータのみを伝送し、これまでの水温、潮位及び波浪のデータは送らないこととした。

シングルIDのときの送信データは、気象データと波浪データであった。このうち、気象データのデータフォーマットは、月、日、時、分、平均風速、最大風速、風向、日射、気温、気圧、湿度、放射、水温及び潮位の各8ビットデータであった。各センサーの出力信号をAD変換したデータ長は10ビットであるが、データ伝送量の節約のため、8ビットに圧縮する必要がある、下位2ビットをカットして送信していた。しかし、これでは受信データから正確な観測値を復元することはできないので、これまでカットしていた下位2ビットのデータも併せて伝送することとした。これと同時に、水温及び潮位データは、潮位計の伝送ケーブルの保守が台風のために困難であるので、このシステムでは伝送を断念し、内蔵記録のみとした。

このため、マルチID用のデータフォーマットは、図4に示すように、月、日、時、分、平均風速、最大風速、風向、気温、湿度、気圧、日射、放射、各センサーの上位2ビットデータ群のデータで構成されている。これを基本データセットとし、9時間、18回分のデータセットを格納できるバッファメモリーを用意している。図5に示すように、18組のデータセットは順に配置され、最新データがバッファメモリーに書き込まれると、以前のデータは順にシフトされ、最も古いデータがバッファメモリーから消去されることになる。アルゴス送信機では、1個のIDにつきデータセット2組を送れるため、9個のマルチIDでは、データセット18組を送れることになる。

4 大容量データ伝送システム

シングルIDでは、ある送信から次の送信までの時間間隔は図6に示すように200秒である。この時間間隔は送信機の物理的な制約ではなく、アルゴスシステムの送信規則に従っただけのものである。送信機単体は、連続的に送信する能力を備えている。したがって、図7に示すように、ID番号が2個以上の時には、ID番号ごとに送信機を用意する方式と、ID番号ごとの送信タイミングを調整して1台の送信機で済ませる方式とがある。後者がマルチID方式であり、1台の送信機で約20秒ごとに複数のID番号を順次切り替えてデータを送信することが可能で、最大10個までは十分に送信可能である。これが、マルチIDを利用した大容量データ伝送システムの基本的な考え方である。

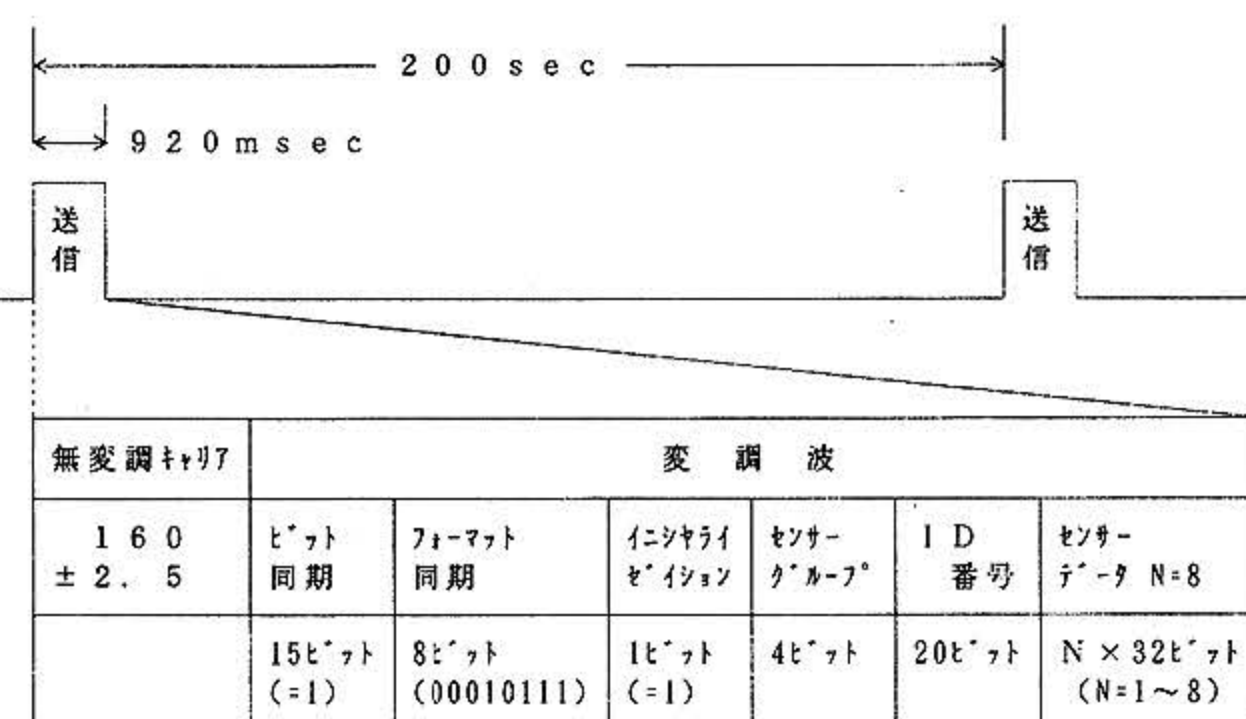


図6 アルゴス送信機の送信フォーマットと送信周期
Fig. 6 Transmitting Signal Format and Repeat Period for single-ID Argos Transmitter

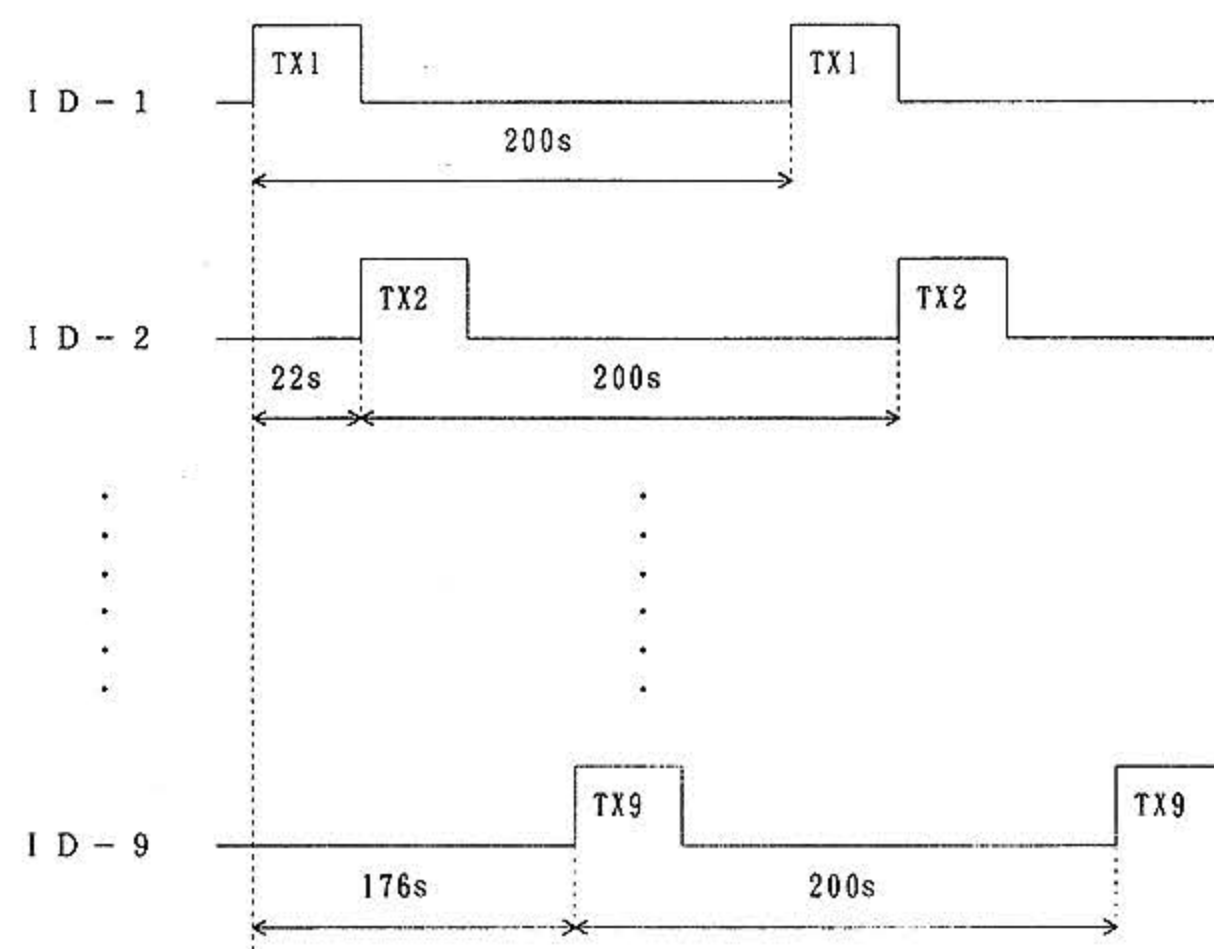


図7 マルチIDの送信タイムチャート
Fig. 7 Transmitting Time Chart for each ID

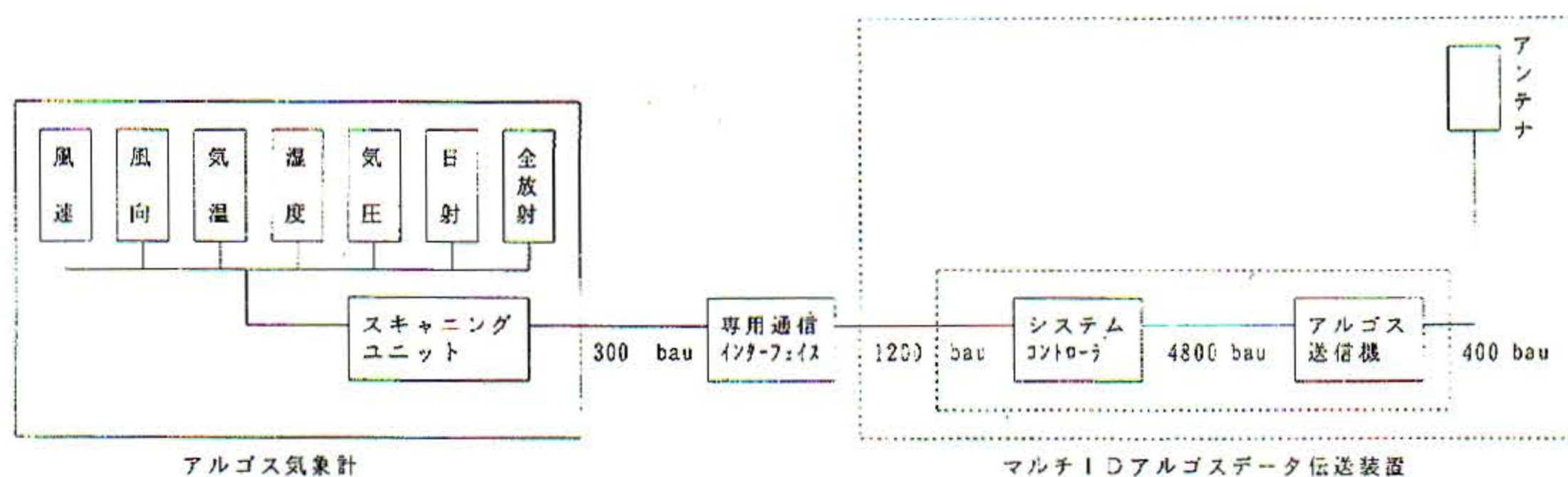


図8 アルゴス大容量データ伝送システム

Fig. 8 Block Diagrams of Argos Large-volume Data Telemetry System

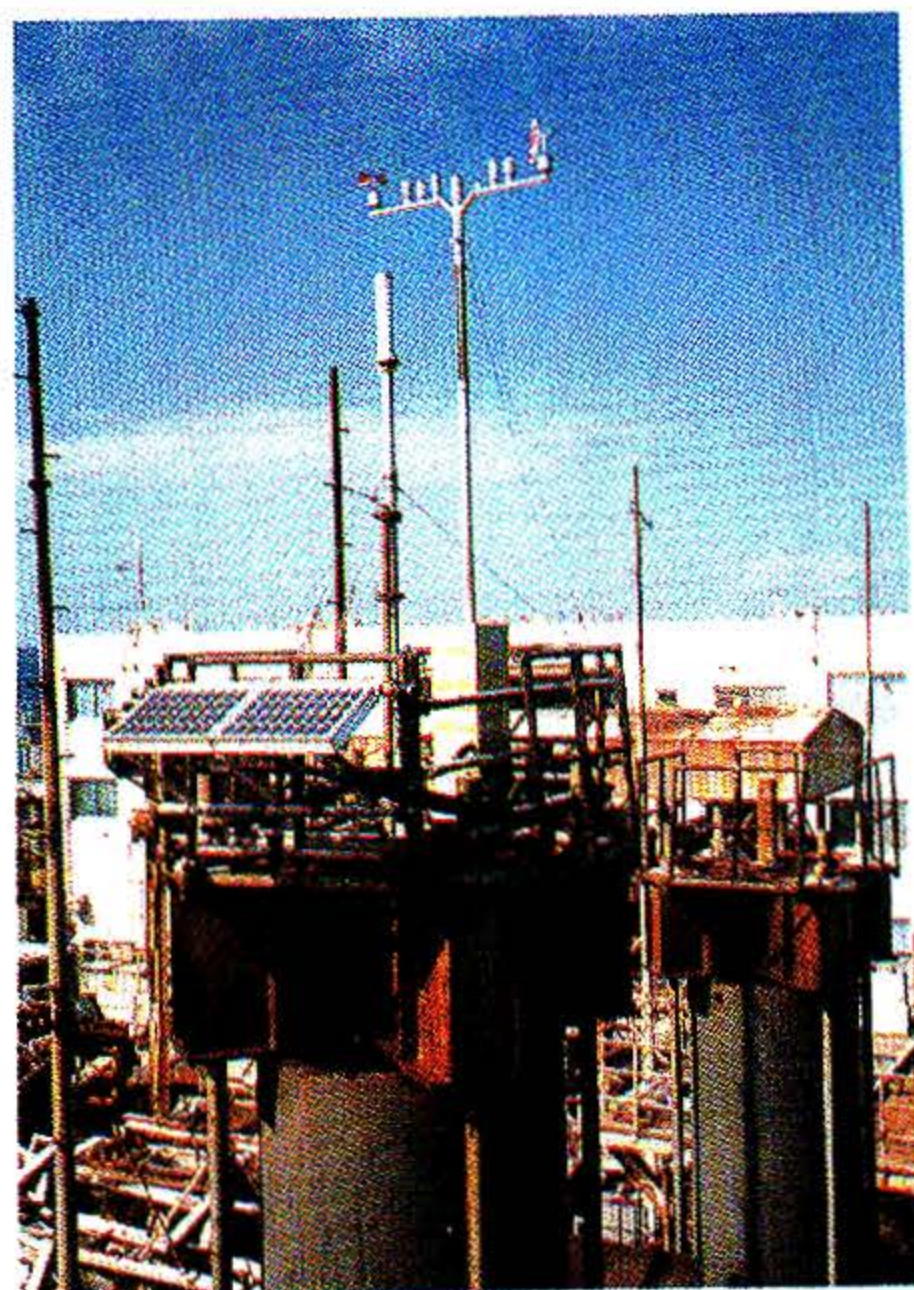


写真1 沖ノ鳥島気象計（中央）とアルゴスアンテナ（中央左）
Photo 1 Okinotorishima Weather Station (center) and Argos antenna (left center)

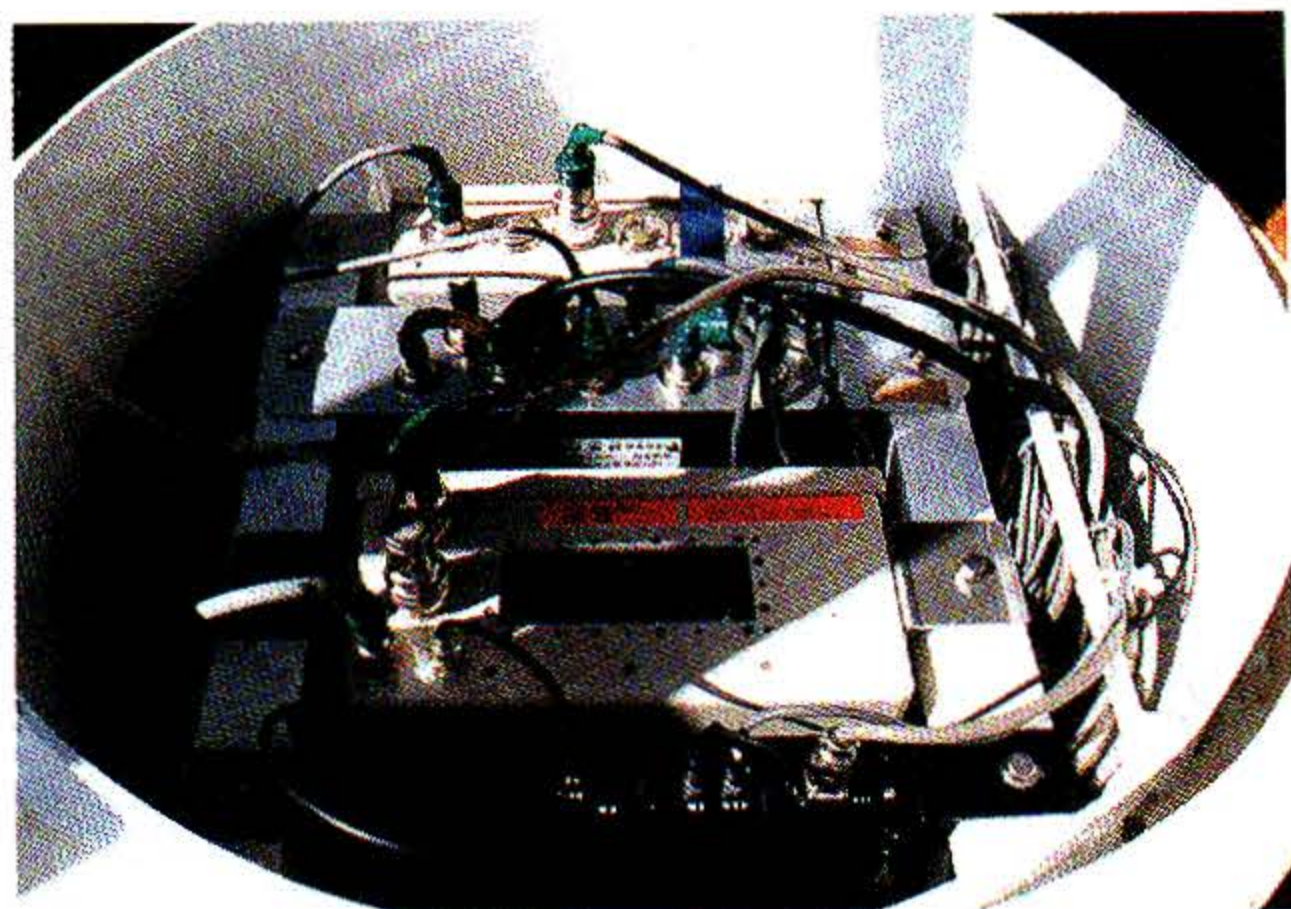


写真2 マルチIDアルゴス伝送装置と専用通信インターフェイス
Photo 2 Multi-ID Argos Transmitter and special Communication Interface

アルゴス大容量データ伝送システムは図8に示すように、アンデラ気象計（写真1）、専用通信インターフェイス及びマルチIDアルゴスデータ伝送装置（写真2）で構成され、アンデラ気象計で観測されたデータは、専用通信インターフェイスでフォーマット変換された後、システムコントローラでマルチID化され、アルゴス送信機から送信される。

アンデラ気象計では、スキャンニングユニットが、各センサーの出力を10ビットのデジタルデータに変換し、RS232Cのシリアル信号として出力している。専用通信インターフェイスは、図9に示すように、この10ビットシリアル信号を下位8ビットと上位2ビットのデータに分離し、上位2ビットのデータを2個ずつ組み合わせた1バイトデータ4つを作っている。これを更にRS232C信号として出力している。

マルチIDアルゴスデータ伝送装置では、まず、システムコントローラがこの信号を受信し、その時の月・日・時・分データをBCDデータとしてこの信号の先頭に付加し、気象観測データはバイナリーデータのままでデータセットを作成する。これを第1バッファに記録する。次に信号を受けた時には、第1バッファのデータを第2バッファに送り、第1バッファに新しいデータを記録する。これを順次繰り返し、第18バッファまでデータセットが記録される。19回以降のデータを受け付けたときには、古い第18バッファのデータは消去される。

さらに、システムコントローラは、これらの18個のデータセットを2個ずつまとめてID番号を付けて送信フォーマットに従った信号列を出力する。この送信フォーマットでは、図10に示すように、衛星の受信機の復調PLL回路の引き込み時間用のプリアンブル（160msec）、ビット周期（“1”15ビット）、フレーム周期（“00010111”8ビット）、イニシャライゼーション（“1”1ビット）、送信センサー数（4ビット：32ビットの倍数-1+偶数

データフォーマット

STX	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂	CRC	EOT
-----	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----	-----

STX : 02H
D₁~D₁₂ : 8bit16進データ
D₁ : 平均風速下位8bit
D₂ : 最大風速下位8bit
D₃ : 風向下位8bit
D₄ : 日射下位8bit
D₅ : 気温下位8bit
D₆ : 気圧下位8bit
D₇ : 湿度下位8bit
D₈ : 放射下位8bit
D₉ : 平均風速上位4bit+最大風速上位4bit
D₁₀ : 風向上位4bit+日射上位4bit
D₁₁ : 気温上位4bit+気圧上位4bit
D₁₂ : 湿度下位4bit+放射下位4bit
EOT : 04H
CRC : チェックビット
(生成多項式は $G(X) = X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$ とし、STXは含まない。)

図9 専用通信インターフェースの出力データフォーマット
Fig.9 Output Data format of Special Communication Interface

ビット 同期	フレーム 同期	イニシャライ ゼーション	センサ グループ数	IDNo	DATAN (16バイト)	DATAN+1 (16バイト)
-----------	------------	-----------------	--------------	------	------------------	--------------------

図10 マルチIDアルゴス伝送装置の送信フォーマット
Fig.10 Signal Format Transmitted multi-ID Argos Transmitter

パリティ), ID番号 (20ビット: 認識番号14ビット+訂正符号6ビット) 及び対応するデータセット2組 (256ビット) で構成されている。実際に使用しているID番号を図11に示す。

アルゴス送信機では、システムコントローラが出力するID番号1から9までの送信フォーマットを1組ずつ22秒ごとに送信し、全体を200秒ごとに繰り返しながら常時アンテナからアルゴス衛星に向けて送信している。第1バッファと第2バッファのデータをまとめて、ID番号1として送信され、一般には、第2N-1バッファと第2NバッファはID番号Nとして送信され、このように順次、第1バッファから第18バッファまでが送信される。

5 データの受信

沖ノ鳥島からアルゴス送信機で送り出されたデータは

ID番号

DECIMAL	HEXADECIMAL	PERIOD (S)
21294	4CB92	200
21295	4CBC1	200
21296	4CC3A	200
21297	4CC69	200
21298	4CC9C	200
21299	4CCCF	200
21300	4CD25	200
21301	4CD76	200
21302	4CD83	200

図11 マルチIDの一例
Fig.11 An Example of multi-ID's

アルゴス衛星の受信可能範囲に入った時に、アルゴス衛星のデータレコードに記録され、その一方で、地上に向けて再び送信している。データレコードに記録されたデータは、アラスカのフェアバンクス、大西洋のワーロップ島及びフランスのランヨンの三箇所にあるNOAA受信局の上空に差し掛かった時、アルゴス衛星から受信局に向け全データが送信される。NOAA受信局で受信されたデータは、米国のランドバーと仏国のツールーズにあるデータ処理センターに送られ、それぞれ独立に各IDごとに分離・処理し、契約方法に従って、ユーザに配布される。これとは別に、海洋科学技術センターでは、アルゴス衛星を経由してリアルタイム送信されてくる沖ノ鳥島の観測データを直接受信する機能を備えたアルゴス受信システムを運用し、アルゴス衛星の追尾とデータの受信・処理をリアルタイムで行っている。

本来、アルゴス衛星は気象衛星であるため、可視、赤外の5チャンネルのイメージデータを送信している。アルゴス衛星は、このイメージデータにアルゴスデータを組み込んで、地上に送信している。アルゴス受信システムは、この複合データから、イメージデータとアルゴスデータを分離し所定のフォーマットで出力する。分離されたアルゴスデータは、指定したIDごとに所定のフォーマットに変換され、出力されている。その出力の一例を表1に示す。アルゴス衛星が受信した時刻と何行のデータを受信したかが先頭行に示されている。受信されたデータでは、始めのデータは正常であるが、最後のデータは、時分からデータ化けが起きていることが示されている。

6 データ処理

IDごとにまとめられた受信データを復元して、アンデラ気象計の物理データに変換することが必要である。この受信データには、マルチIDでデータを送信している関係で、幾つか重複したデータが存在する。このため、重複データを処理して、正しいデータを選択する手法が必要となる。基本的な考え方は、ノイズ等によるデータエラーは不規則に起こり再現性がないと仮定できるので、重複データのうち最も出現頻度の高いデータが、真値とみなせるとするものである。

実際に、受信データを詳細に調べてみると次のようなデータに分けられることが判明した。

- ① 正常なデータ
- ② センサデータの一部のみが偽のデータと置換
- ③ 月日時分が期待されるものと異なる
- ④ 明らかに異常なデータを含む

である。①と②のデータ同士を比較しても、データだけみていたのではどちらが、真値かを判断することが困難な場合が多い。③は、30分周期に従っていないので、容易に判別される。④は判定条件を設けて除外することが可能である。

したがって、①と②を識別するには、①と②のデータの出現数をカウントし、多い方を真値として採用することが可能である。②は受信データの一部がビットエラーを起こしたためと考えられるので、この種のエラーは、不規則に起り連続して起こるとは考え難いので、同じデータが2個以上出現すれば、これを真値として採用できることになる。

この基本的な処理方法を具体化するプログラムの流れを図12に示す。対象とする受信データは、アルゴス受信システムから得られるオンラインデータファイルとデータ処理センターから送られてくる月別データファイルの

2種類である。これらのデータは図のフローに従って処理される。実際の処理はワークステーションでバッチ処理を行っている。

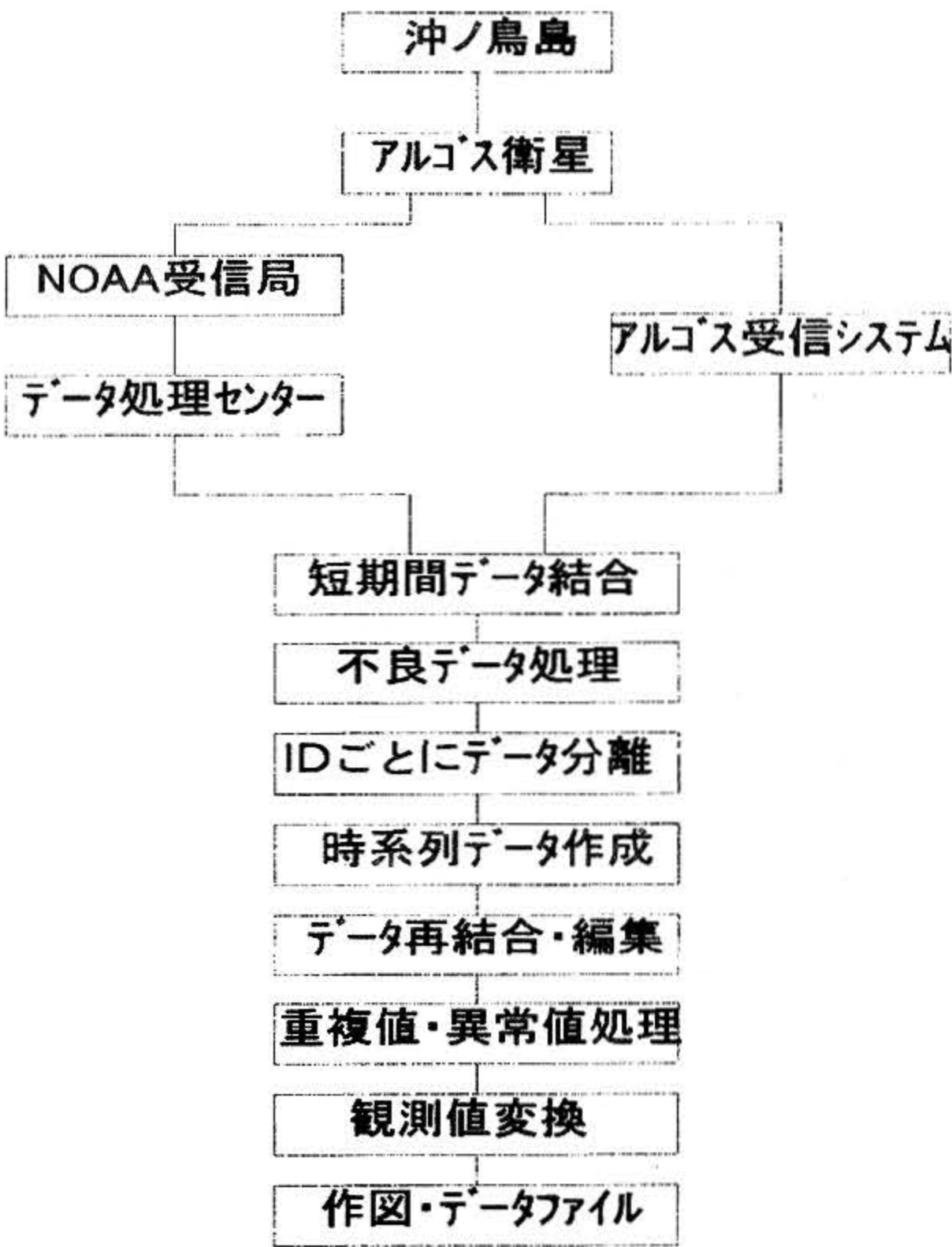


図12 アルゴス大容量データ伝送システムにより取得されたデータの流れ

Fig.12 Flow of Data Processing for Received Data using Argos Large-volume Data Telemetry System

表1 受信データの一例
Table1 An example of received raw data

sample_argos.dat					97/12/26				
00789 23590 25 32 0									
1997-04-10 20:58:11 1					04	11	05	30	
					1A	38	93	0B	
					31	31	00	FC	
					00	13	32	21	
					04	11	05	00	
					0C	14	35	12	
					F1	2F	FF	FC	
					00	03	22	11	
1997-04-10 21:08:28 3					04	11	06	00	
					24	44	C2	07	
					3C	31	01	FD	
					00	13	32	21	
					04	11	05	30	
					1A	38	93	0B	
					31	31	00	FC	
					00	13	32	21	
1997-04-10 21:11:54 1					04	11	06	00	
					24	44	C2	07	
					3C	31	01	FD	
					00	13	32	21	
					04	11	25	6A	
					5A	B5	AD	4A	
					52	B5	2B	52	
					F4	A5	6A	D6	

表2 アルゴス大容量データ伝送システムにより、取得されたデータを合成して得られた1997年4月10日の1日分の観測データ
Table 2 Reconstructed Observed data of April 10 (1997) processed from Transferred Raw Data using Argos Large-volume Data Telenetry System

年	月	日	時分	平均 風速 (m/s)	最大 風速 (m/s)	風向 (deg.)	気温 (°C)	湿度 (%)	気圧 (hPa)	日射量 (W/m ²)	放射量 (W/m ²)	受信 回数
97	4	10	0 0	1.34	2.09	290.12	25.58	74.16	1012.74	-11.45	-31.98	5
97	4	10	0 30	1.34	2.39	282.10	25.48	74.67	1012.55	-11.45	-27.45	6
97	4	10	1 0	1.79	2.98	304.78	25.48	73.55	1012.37	-11.45	-27.45	5
97	4	10	1 30	1.79	2.69	300.94	25.39	74.37	1012.37	-11.45	-27.45	4
97	4	10	2 0	1.42	2.09	320.83	25.29	74.57	1012.37	-11.45	-22.92	4
97	4	10	2 30	1.49	2.39	326.77	25.29	76.41	1012.19	-11.45	-22.92	5
97	4	10	3 0	1.79	2.69	312.11	25.20	76.62	1012.01	-11.45	-27.45	3
97	4	10	3 30	1.79	2.69	333.75	25.20	76.21	1012.19	-11.45	-22.92	5
97	4	10	4 0	1.72	2.69	318.39	25.20	76.00	1012.19	-11.45	-27.45	5
97	4	10	4 30	1.57	2.69	289.77	25.20	75.90	1012.55	-11.45	-27.45	4
97	4	10	5 0	1.19	1.79	321.53	25.10	76.72	1012.74	-11.45	-27.45	5
97	4	10	5 30	1.04	1.79	321.53	25.00	76.21	1013.10	-11.45	-27.45	7
97	4	10	6 0	0.97	1.79	301.29	25.20	76.31	1012.92	26.39	13.27	8
97	4	10	6 30	1.34	2.09	297.45	25.77	75.59	1012.92	134.49	90.20	4
97	4	10	7 0	1.57	2.39	314.20	25.96	75.18	1012.92	258.80	185.23	3
97	4	10	7 30	1.64	2.39	298.50	26.15	74.16	1012.92	372.30	289.30	2
97	4	10	8 0	2.09	2.98	296.06	26.15	73.96	1013.10	512.84	434.10	2
97	4	10	8 30	2.09	2.98	306.53	26.06	72.32	1013.28	626.34	542.70	2
97	4	10	9 0	1.94	2.98	292.22	26.25	71.30	1013.46	734.44	651.30	7
97	4	10	9 30	1.64	2.39	307.22	26.63	70.18	1013.28	837.14	741.80	7
97	4	10	10 0	1.19	2.39	305.83	27.21	67.83	1013.10	907.40	791.58	6
97	4	10	10 30	1.19	1.79	266.74	26.44	69.67	1013.10	977.66	863.97	6
97	4	10	11 0	0.67	1.49	245.45	27.31	66.40	1012.74	1015.50	873.03	6
97	4	10	11 30	0.52	1.49	245.10	28.08	62.51	1012.74	1042.53	895.65	4
97	4	10	12 0	0.75	1.79	306.18	27.98	63.13	1012.55	1064.15	931.85	5
97	4	10	12 30	0.52	1.49	275.81	27.69	62.10	1012.01	1026.31	904.70	5
97	4	10	13 0	0.30	1.49	258.02	28.66	58.83	1011.28	972.26	850.40	1
97	4	10	13 30	0.52	1.49	248.94	28.27	60.06	1010.92	918.21	805.15	2
97	4	10	14 0	0.37	1.19	134.47	29.62	56.99	1010.74	837.14	732.75	3
97	4	10	14 30	0.60	1.49	122.25	28.37	61.29	1010.74	729.03	637.72	3
97	4	10	15 0	0.82	1.49	134.82	28.17	62.72	1010.74	626.34	529.12	3
97	4	10	15 30	0.75	1.49	123.65	28.56	61.90	1010.55	502.02	402.42	3
97	4	10	16 0	0.90	1.49	136.56	28.27	62.92	1010.74	393.92	275.73	4
97	4	10	16 30	0.75	1.49	119.11	28.27	63.33	1010.92	269.61	144.50	3
97	4	10	17 0	0.75	1.49	139.70	27.89	61.69	1010.92	139.89	26.85	2
97	4	10	17 30	0.75	1.49	180.54	28.27	62.92	1011.28	31.79	-59.13	5
97	4	10	18 0	0.52	1.49	182.98	27.21	64.56	1011.83	-22.26	-104.38	4
97	4	10	18 30	0.75	1.49	213.34	26.06	68.44	1012.37	-16.85	-54.60	4
97	4	10	19 0	0.82	1.49	228.35	25.96	68.85	1012.55	-16.85	-45.55	3
97	4	10	19 30	0.52	0.90	267.79	25.96	68.24	1012.92	-11.45	-36.50	3
97	4	10	20 0	0.60	1.49	291.87	25.96	69.67	1013.28	-11.45	-31.98	3
97	4	10	20 30	0.67	1.49	311.06	25.87	68.85	1013.46	-11.45	-31.98	3
97	4	10	21 0	0.52	1.19	273.02	25.87	68.95	1013.64	-11.45	-36.50	5
97	4	10	21 30	0.45	0.90	220.32	25.67	68.64	1013.83	-11.45	-36.50	8
97	4	10	22 0	0.22	0.90	338.98	25.77	69.87	1013.83	-6.05	-4.82	8
97	4	10	22 30	0.22	0.60	355.73	25.77	69.87	1013.83	-11.45	-27.45	7
97	4	10	23 0	0.30	0.90	28.72	25.67	70.28	1013.64	-11.45	-27.45	8
97	4	10	23 30	0.75	1.49	323.98	25.77	70.28	1013.28	-11.45	-22.92	5

表3 シングルIDアルゴス送信機により、伝送された1993年4月16日から18日までのデータ
Table 3 Reconstructed data of April 16-18 (1993) in a case of single-ID Argos transmitter

月日	時刻	風速(m/s)		風向 (度)	気温 (°C)	湿度 (%)	気圧 (mb)	日射量 (W/m ²)	放射量 (W/m ²)
		平均	最大						
4/16	9:00	12.54	16.72	113.18	24.48	79.07	1011.07	695.40	662.34
4/16	13:00	8.96	13.74	124.35	25.64	78.23	1008.90	1064.98	963.91
4/16	15:00	4.78	8.96	159.25	26.40	76.46	1007.45	695.40	646.47
4/16	17:00	5.37	10.15	136.91	25.25	78.23	1008.17	217.12	170.31
4/16	18:00	4.78	8.36	143.89	24.87	-39.04	909.60	-2783.00	-2147.00
4/16	20:00	2.99	6.57	152.27	24.48	79.90	1008.90	-22.02	-51.90
4/17	2:00	6.57	10.15	136.91	24.48	80.70	1008.17	-22.02	-51.90
4/17	4:00	4.78	8.96	136.91	24.48	80.70	1008.17	-22.02	-51.90
4/17	5:00	4.78	8.96	142.50	24.48	81.10	1008.90	-22.02	-36.02
4/17	7:00	4.18	10.15	141.10	25.25	79.90	1008.90	282.34	233.80
4/17	8:00	5.37	10.75	146.68	25.25	79.49	1009.62	412.78	360.78
4/17	15:00	8.96	14.93	163.44	26.02	78.23	1006.72	456.26	456.01
4/17	17:00	7.76	13.14	196.94	26.02	78.23	1007.45	217.12	186.18
4/17	18:00	6.57	11.35	189.96	25.25	79.90	1008.17	-0.28	-20.15
4/17	19:00	4.78	11.94	263.95	25.25	80.30	1008.90	-22.02	-36.02
4/18	2:00	3.58	6.57	166.23	24.87	85.73	1008.17	-22.02	-20.15
4/18	3:00	4.78	8.36	184.38	24.87	85.73	1008.17	-22.02	-4.28
4/18	5:00	7.76	17.92	286.28	22.57	89.55	1009.62	-22.02	-4.28
4/18	6:00	7.76	17.92	286.28	22.57	89.55	1009.62	-22.02	-4.28
4/18	8:00	2.39	5.37	171.81	22.95	92.20	1011.07	173.64	170.31
4/18	13:00	4.18	7.76	198.34	26.02	76.91	1008.90	1043.24	963.91
4/18	15:00	4.18	10.15	247.20	25.25	80.70	1008.17	717.14	694.09
4/18	16:00	7.76	10.15	268.14	25.25	82.25	1008.17	478.00	456.01
4/18	17:00	7.76	10.15	308.62	25.25	82.98	1008.17	238.86	202.06
4/18	19:00	9.56	14.33	25.23	24.48	87.29	1010.35	-22.02	-36.02

7 観測例

このような処理を施して得られた1997年4月10日のデータを表2に示す。右端が受信回数である。これによる受信回数は最多が8回で、最小が1回であった。この表では、異常なデータは見当たらず、受信回数1回の13:00のデータでも特に異常な値を示してはいない。比較のために、シングルID時の1993年4月17日と18日の受信データを表3に示す。表3から、4時間以上に連続したデータは見当たらず、データの欠測が多いことが一目瞭然である。これと比較して、マルチID時の表2では、データの欠落は見当たらず、このシステムではデータの欠測

が最小限に抑えられていることが分かる。

1997年4月の全データを各センサーごとに図示したものが図13である。沖ノ鳥島の30分ごとの観測データが正しく再現され、沖ノ鳥島の気象条件の変化を忠実に表している。ただし、4月20日から4月24日までの放射量データは、放射センサーが一時的に不安定になり、センサーのベースライン等に変動が見られることを示している。気圧データに示されている4月21日の顕著な気圧の低下は、台風1号が沖ノ鳥島周辺を通過したために生じたものである。

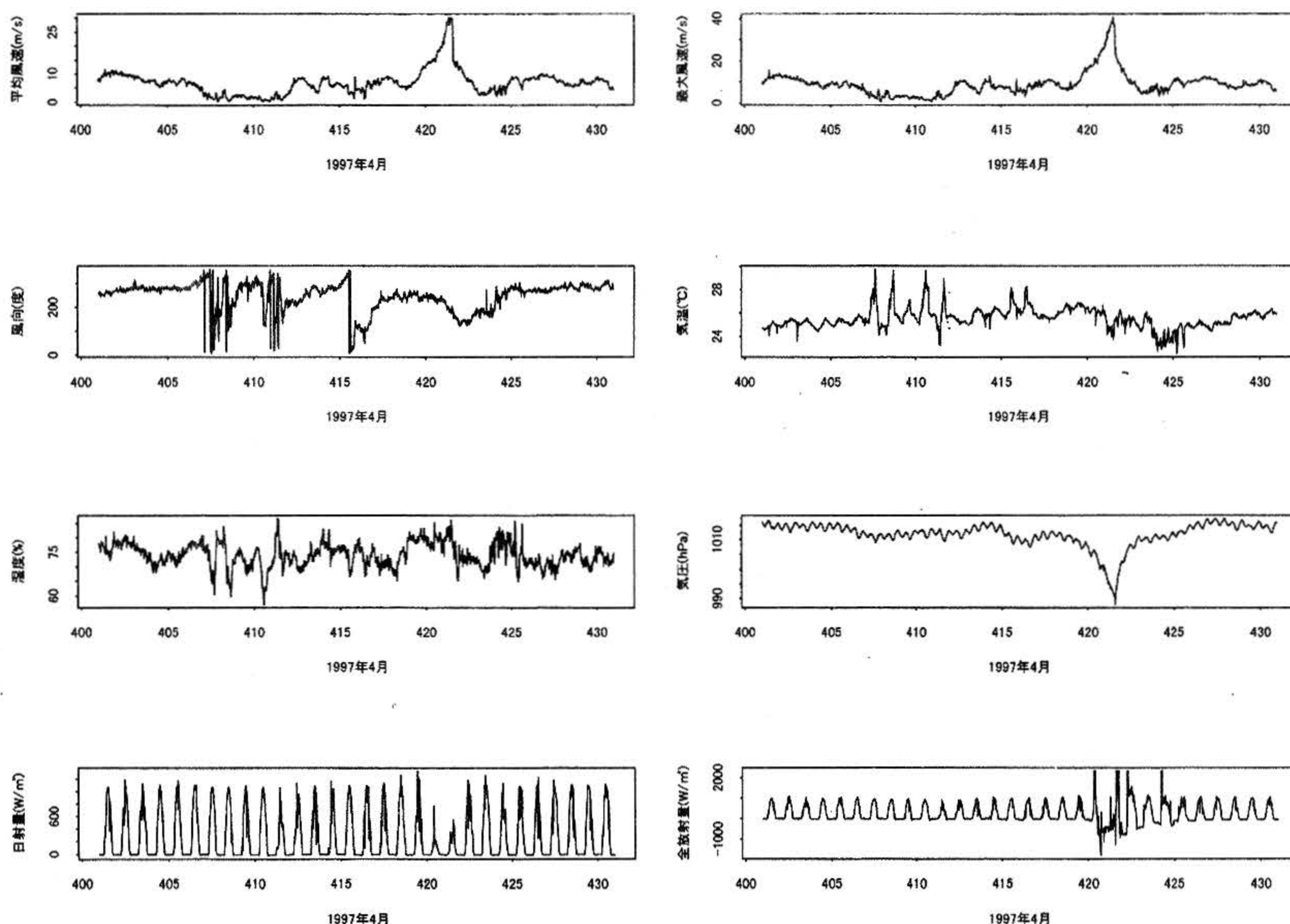


図13 アルゴス大容量データ伝送システムにより準リアルタイムで取得された沖ノ鳥島気象観測データの一例
 Fig.13 An Example of Weather Data at Okinotorishima obtained in semi-real time by Argos Large-volume data telemetry system

8 まとめ

シングルIDではデータ伝送量が限られているためリアルタイム観測にはほど遠いものであったが、沖ノ鳥島の気象観測データの欠測防止と完全なデータを海洋科学技術センターまで送信することを目的として開発されたマルチIDを使った大容量データ伝送システムは、1997年3月の定期点検以後順調に稼働し、沖ノ鳥島のリアルタイム観測を現実のものとした。

さらに、このシステムの有用性を実証する事態がちょうど1997年に起こった。今世紀最大と言われていた1982-83年のエルニーニョ現象をしのぐといわれる大規模なエルニーニョ現象が1997年に発生したため、気象庁は日本の冷夏を予報したが、その予報に反して、北海道を除いて十分に暑い夏となった。この点を、この大容量データ伝送システムによるリアルタイム観測で得られた沖ノ鳥島の観測データを基に1993年から1997年までの月平均気温の変化を検討すると、1993年の冷夏の時とは変化の様子が異なることが示された⁴⁾。

このように、沖ノ鳥島の観測データは、亜熱帯海域の海面の状態を忠実に反映した海上気象データであるため、亜熱帯海域の海面水温分布に大きく左右される日本の夏を予測する上で、沖ノ鳥島の観測データをリアルタイムで取得することは極めて重要であると考えられる。今後は、この大容量データ伝送システムと最新型アルゴス受信システム（1997年更新）とを組み合わせ、沖ノ鳥島の観測データを常時受信し、沖ノ鳥島の気象条件をリアルタイムで監視し、日本の気候変動予測研究に貢献することを計画している。

謝 辞

本研究の推進にあたって、マルチIDアルゴスデータ伝送装置の製作を担当した東洋通信機株式会社から過分なご協力を頂き、特に営業担当の門谷喜代美女史にはご尽力いただいた。ここに、深甚より謝意を表します。

参考文献

- 1) 宮崎武晃・堀田 平・鷺尾幸久・中川賢一郎：沖ノ鳥島における海洋自動観測機器の設置について，JAMSTECTR, 21, 317-337. (1989)
- 2) 鷺尾幸久・宮崎武晃・堀田 平・中川賢一郎：沖ノ鳥島におけるエネルギー自給型自動観測装置の開発，JAMSTECTR, 27, 101-124. (1992)
- 3) CLS Argos : Argos User's Manual, pp176. (1996)
- 4) 中埜岩男・藤森英俊・木邑純一：沖ノ鳥島における気温・水温の経年変動，1997年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集，p63. (1997)

(原稿受理：1998年1月14日)