

フロートデータ自動処理・品質管理システムの構築

高槻 靖*¹ 市川 泰子*² 小林 大洋*²
水野 恵介*¹ 竹内 謙介*²

ARGO計画により平成12年度より展開を開始したプロファイリングフロートのデータを自動処理・提供・品質管理するため、データ処理システムを構築した。リアルタイム処理は自動で行われ、フロートが送信を終えてから平均約20時間でデータベースに格納され、World Wide Webを通じて全世界に公開される。また、遅延品質管理を行うための歴史的データベース及び時空間近傍データベースを整備し、フロートデータとともに表示させてフロートデータの品質評価を行うことができるようにした。

キーワード：ARGO計画, 自動処理, 品質管理, データベース, WWW

Construction of the automated data processing and delayed-mode quality control system for profiling floats

Yasushi TAKATSUKI*³ Yasuko ICHIKAWA*⁴ Taiyo KOBAYASHI*⁴
Keisuke MIZUNO*³ Kensuke TAKEUCHI*⁴

An automated data processing and quality management system for profiling floats of the ARGO project has been constructed. The system automatically processes profiling float data after about 20 hours from its descent, and stores data in the database system. The float data is publicized through World Wide Web. For the quality control of float data, we prepared historical database such as WOA98 and Hydrobase, and collect spatially/temporally neighboring ocean data in geographical/time on GTS via NEAR-GOOS Regional Real-Time Data Base. The system enables us to quality management using such as overlay plot of the float data and historical/neighboring data and so on.

Keywords : ARGO project, Automated data processing, quality control, database, WWW

*1 海洋観測研究部
*2 地球観測フロンティア研究システム
*3 Ocean Observation and Research Department
*4 Frontier Observational Research System for Global Change

1. はじめに

海面から2,000m深までの水温/塩分の鉛直プロファイルを測定する中層フロート(プロファイリングフロート)を地球規模で展開して新しい海洋観測システムを構築する国際的な計画が2000年から開始した。この計画で用いられるフロートは機構的にALACEフロート¹⁾と同じタイプであって、設定された深度(通常2,000m)を漂い、一定期間(通常 10日間)毎に浮上する。浮上する間に圧力/水温/塩分を観測し、海面において衛星経由でデータを送信する。このようなフロートを全球で約3,000個運用することで、年間10万点に及ぶ水温/塩分データを取得しようとするものがArgo(アルゴ)計画である²⁾。Argo計画は、世界海洋観測システム(GOOS)計画の一部をなすものであり、気候変動と予測に関する研究計画(CLIVAR)や国際海洋データ同化実験(GODAE)に寄与するものであって、国連の世界気象機関(WMO)、政府間海洋学委員会(IOC)も支持を表明している。

日本では2000年度からミレニアム・プロジェクトの一つとして「高度海洋監視システム(ARGO計画)の構築」が5年計画で開始されている³⁾。これは我が国独自の計画であるが、国際的なArgo計画に対する我が国の具体的な取り組みとなるものである。この計画における観測データ処理・管理に関して、海洋科学技術センター海洋観測研究部及び地球観測フロンティア研究システムでは展開したフロートデータの格納、遅延モード品質管理、データの提供を行う「データベ-

スシステム」を担当することとなった。ここでは、この「データベースシステム」として平成12年度に整備したフロートデータ自動処理・品質管理システムについて紹介する。

2. システムの概要

Argo計画では、データ品質管理はデータ取得後1~2日間以内になされる自動品質管理とデータ取得後3ヵ月以内になされる遅延データ品質管理の2段階で行われる。本システムではサーバ上でデータ取得から自動品質管理までを行うリアルタイム処理と、PC上の品質管理用プログラムによって歴史的データや他の現場データと比較し、フロートデータの品質フラグやデータの補正を行う遅延データ品質管理処理の両方を行う。本システムの概要を図1に示す。本システムは海洋科学技術センターの内部ネットワークで稼働させるため、外部からのデータ取得には海洋科学技術センターのメールサーバ経由のE-mail及び firewallを通じたtelnet/ftpを用いている。また、外部へのデータ提供はセキュリティの問題があるため、現段階ではhttpプロトコルを使用したWorld Wide Webによることとした。データはデータベースシステムによって管理することとし、SQLによって操作する。

3. システムの構築

システムの構築にあたっては、以下の点を念頭において設計をおこなった。一つはフロートデータの受信から自動品

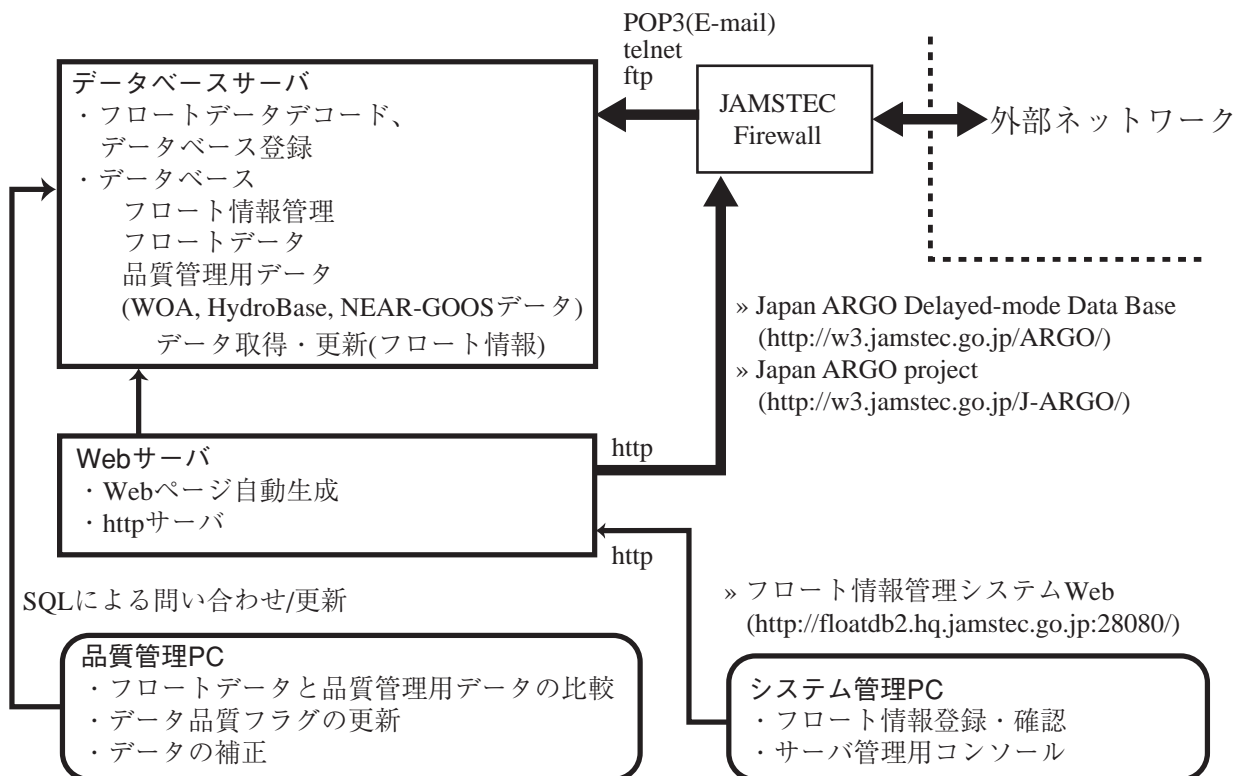


図1 フロートデータ処理システムの概要

Fig. 1 Conceptual drawing of the data processing system for profiling floats.

質管理, Webページによる提供までを原則として自動で行い, システムに障害があった場合でも可能な限り稼働を続けるシステムとすること。もう一つは品質管理作業を行う際に, できるだけデータベース等の知識を必要としないで操作できるようにすることである。プログラム作成にあたっては, メンテナンスの容易性を重視してスクリプト言語であるperlを主に用い, グラフィックツールとしてIDLを用いた。

3.1. システムの対障害性向上

サーバ部のハードウェア構成を図2に示す。システムがハードウェア障害等によってサービスを停止しないように, 同じ構成のサーバマシン2台を用意し, クラスタソフト(VERITAS Cluster Server)を双方のサーバマシンに導入した。クラスタソフトは直結したEthernetによって双方のサーバマシンの動作状況を監視するとともに, 管理下のソフトウェアの稼働状況を定期的に監視している。管理下のサービス機能毎に仮想的なホスト名(データベースサーバ機能に対してfloatdb1, Webサーバ機能に対してfloatdb2)とIPアドレスが与えられており, 仮想的なホストにアクセスすることによって, ユーザーはそのサービスが実際にどちらのサーバマシンで実行されているかによらず, 機能に対するホスト名でサービスにアクセスすることが可能となる。本システムでは, 通常マシンfloat1adm上でデータベースサーバ(floatdb1), マシンfloat2adm上でWebサーバ(floatdb2)が起動しているが, どちらかのサーバ機能に障害が生じた場合には, 障害が生じたマシンのサービスを停止させ, 他方のサーバマシンからそのサービスが提供されるようになっている。

また, データベースファイルに障害が生じた場合にデータの復旧を容易に行えるよう, 自動バックアップソフト(VERITAS NetBackup)及びDLTテープチェンジャーを用いて, 毎日データベースのバックアップを行っている。現在は, 最低7日間はテープ上にバックアップデータが保存されるように設定している。

システム全体は不慮の停電等からシステムを保護するために無停電電源装置に接続されており, 停電が10分以上続いた場合にシステムを自動停止させるようにしている。停電から復旧した際には, 自動でシステムが再起動する。

3.2. フロートデータの自動処理

本システムではフロートデータを一定時間間隔で自動処理している。自動データ処理フローを図3に示す。以下, 各段階に分けて詳述する。なお, 3.2.1~3.2.4節の処理はデータベースサーバで, 3.2.5節の処理はWebサーバで行われる。

3.2.1. データの取得・仕分け

フロートからのデータ通信はARGOSシステムを利用している。2001年7月現在, 5つの極軌道衛星がARGOSシステムに使用されている。ARGOS用衛星は高度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, 低緯度では二つの衛星の場合1日に6-7回, 極付近では1日に28回飛来し, 飛来毎に8~15分間程度通信可能となる⁴⁾。ARGOSシステムでは通常2衛星が受信したデータだけが処理されるが, multi-satellite Serviceを利用することによって運用中の全ての衛星が受信したデータを取得

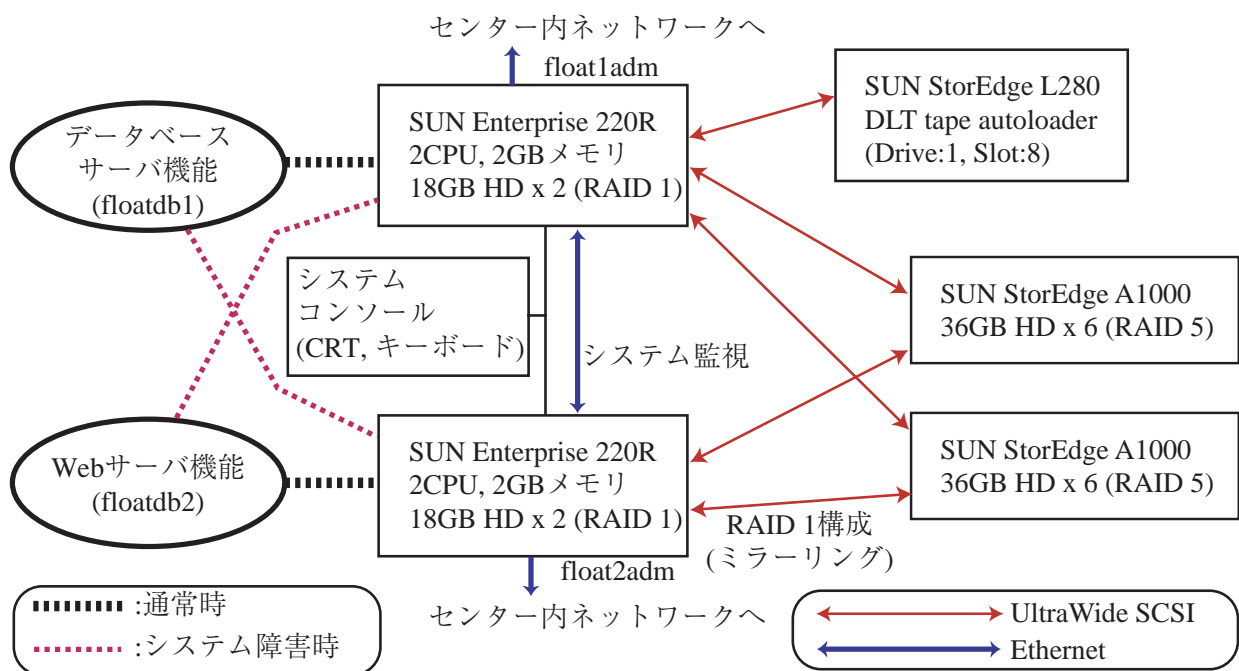


図2 サーバ部のハードウェア構成
Fig. 2 Hardware components of Database server and Web server.

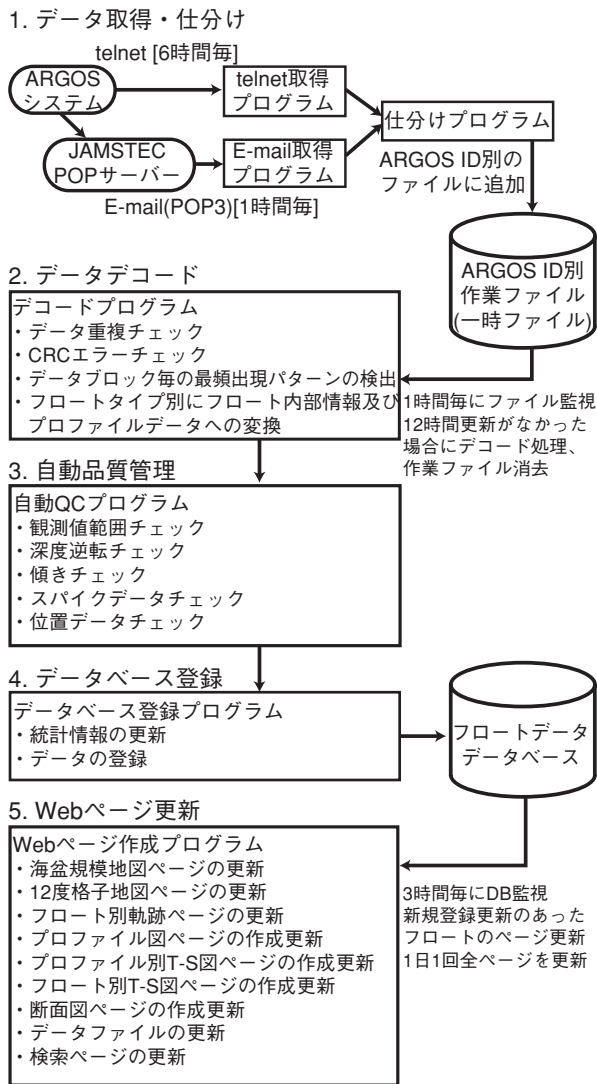


図3 自動データ処理のフローチャート
Fig. 3 Flowchart of automatic float data processing.

している。ARGOSシステムで1度に送信できるデータ量は最大32バイトであり、フロートが1回の浮上毎に送信するデータ（フロートの内部情報及び約60層において測定した圧力、水温、塩分データ）は約400バイトになるため、フロートは通常12から14個のブロックにデータを分割して順に送信している。ARGOSシステムの制約上、現時点までに投入したフロートに搭載しているARGOS送信機（Platform Transmitter Terminal; PTTと呼ばれる）の送信周期は44秒ないし90秒であるため、衛星1回の飛来の際に全データの通信を終えることは難しく、また浮上中の位置がARGOSシステムによって得られるため、フロートが海面に浮上している間の全てのデータを集めることが必要となる。ARGOS衛星が受信したデータは地上局を経由してE-mailによって送付される。なお、現在のE-mail配信設定では受信処理した全てのメッセージが配信されることになっているが、月単位で送られてくるフロッピーディスクの内容と比較するとE-mailでは送付されていなかったデー

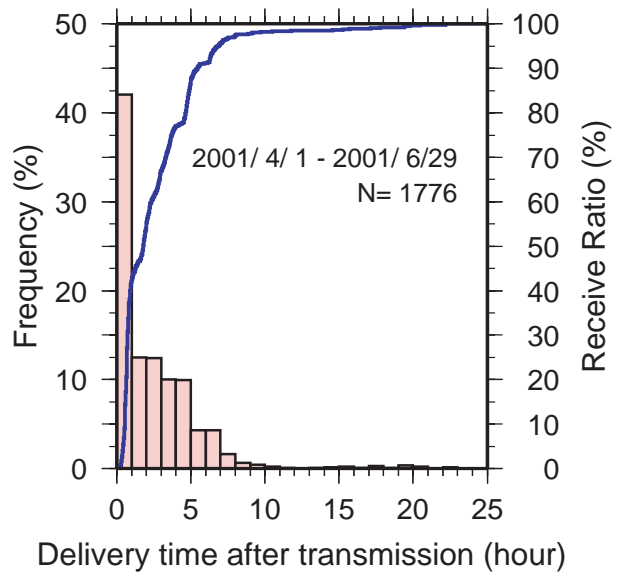


図4 衛星における受信からE-mailに配信までに要する時間の頻度分布とデータ受信率の時間経過。配信時刻とは、衛星における受信時刻からE-mailの配信時刻までの時間である。2001年4月1日から6月29日までにフロートデータを受信した衛星の通過全1776回について示した。

Fig. 4 Histogram and cumulative receive rate as a function of the delivery time after transmission.

タが時々見られたこと、また、E-mail配信途上におけるトラブルの影響を避けるために、6時間毎にtelnetによってARGOSサービスにアクセスし、これによってもデータを取得している。

E-mail及びtelnetで取得されたデータはARGOSのID毎にデータを仕分け、後の処理のためにそれぞれ作業ファイルに保存する。仕分けの際、ARGOSデータの形式でないE-mailはエラーメールとして処理される。

ARGOSシステムにおいてE-mailによる配信までに要する時間の頻度分布を図4に示す。この所要時間には衛星が地上局の上空へ移動するまでに要する時間も含まれる。40%以上のデータが1時間以内に配信されており、98%以上のデータは受信から12時間以内に配信されていた。最も時間を要したものは約22時間であった。衛星の飛来間隔が2~3時間毎であること、衛星での受信から配信まで20時間以上要するものもあること、さらに、ARGOSシステム側で位置データが再計算されることがあるため、現在はE-mail及びtelnetによって新たなデータが12時間以上追加されなかった場合にデコードを開始するように設定している。E-mailとtelnetで並行してデータを取得しているため、通常の運用ではデコード処理が実行されたあと新たにデータを取得したことはない。万一新たにデータを取得することがあった場合でも、データにプロファイル番号情報が含まれていればデータ登録時にデータベース側で重複データとしてエラー処理される。しかし、プロファイル番号が含まれていない場合は新規データとして登録されてしまうため、確認の上データベースから削除する必要がある。全ての処理はジョブレポートに記録され

ているため、デコード状況とフロートのスケジュールとの照合確認は重要である。

3.2.2. データのデコード

受信されたデータには通信途上でのエラーが含まれている可能性がある。このため、32bytesの通信データには最初の1byteに残りの31bytesから計算される8bitsのCRC (Cyclic Redundancy Check, 巡回冗長検査)が含まれている。CRCは通信上おこりやすいバースト誤り(連続したビット誤り)を検出するのに効果的で、このCRCによって受信したデータの約20%にエラーが検出されている⁵⁾。1回の浮上ごとに平均120個のデータが受信されるが、CRCエラーのものを除くと平均90個程度となる。フロートデータは12~14個に分割されているので全てのブロックが揃わないとフロートデータ全体をデコードすることができないが、2001年7月までのブロック毎

の受信個数(図5)を見ると、受信がなかったブロックが約1%あった。これは10本のフロートがそれぞれ1回浮上する毎に不完全なプロファイルが1組生じるほどの確率である。実際には受信個数が0であるブロックが特定のプロファイルに片寄っているため、これまでに得られた235個のプロファイルのうち、不完全なプロファイルは10個と、5%以下である。

8bitsのCRCの場合、 $1/2^8$ の確率で検出できないビットエラーがおこりうる。実際にフロートから送られてきたデータでもCRCでエラーを検出できなかったエラーが生じた例が幾つかある(図6)。しかし、このようなエラーが複数含まれる確率はかなり低いため、処理の際に出現頻度の高いパターンを用いることでエラーデータを除いている。出現頻度に差がない場合や1つしか該当ブロックのデータがなかった場合は、誤ったデータである可能性があるため、ジョブレポートに記録している。

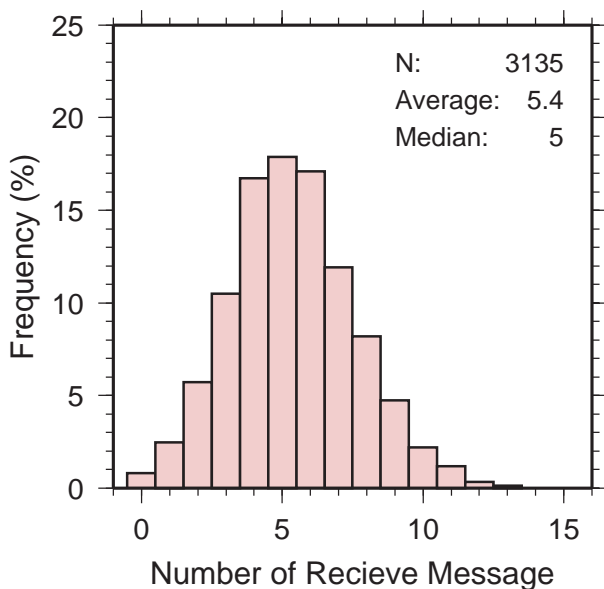


図5 データブロック毎のエラー無し受信数の頻度分布
Fig. 5 Histogram of duplicate number for each data message block.

3.2.3. 自動品質管理

Argo計画では、自動品質管理については全世界共通とすることで合意している。現在その具体的な内容について討議が進められており、2001年9月に開催予定のArgo Data Management Team Meetingにおいて決定される見込みである。自動品質管理の内容が決定次第、それに従った処理を行う予定であるが、それまで自動品質管理を行わないこととすると、誤ったデータがWWWを通じて公開される危険性がある。そのため、現在はGTSP(全球水温塩分プロファイル計画) Real-time Quality control Manual⁶⁾を参考にして、以下の自動品質管理を行っている。

- 1) 位置のチェック: ARGOS衛星での受信周波数のドップラーシフト量から位置が計算されている。このようにして決定される位置はフロートの浮上中に平均して10点程得られているが、これらの位置と時刻から計算されるフロートの漂流速度が5kt以上、かつ浮上期間中の平均漂流速度の2.5倍以上でないかどうかチェックする。
- 2) 水温、塩分、深度の全球レンジチェック: 外洋において通常観測しうる水温-2~35度、塩分0~40、深度0~10,000mのレンジを外れていないかチェックする。

Example of error data which passed CRC check

ARGOS PROGRAM# 02147, ID:28935

Transferred data by ARGOS
32bytes(=256bits)

Satellite ID and
Received Date/Time

```
8D04125FA9ED2320 131BA96A222913BA A916213014DBA867 20311530A8650FB4, H, 2001-05-31, 11:49:52
8D04125FA9ED2320 131BA96A222913BA A916213014DBA867 20311530A8651F3C, K, 2001-05-31, 23:51:21
8D04125FA9ED2320 131BA96A222913BA A916213014DBA867 20311530A8651F3C, H, 2001-06-01, 00:10:51
```

CRC check byte

```
0FB4 = 00001111 10110100
1F3C = 00011111 00111100
```

図6 CRCでエラーを検出できなかったエラーデータの例

Fig. 6 Example of error data that passed CRC check.

- 3) 海底深度チェック: フロートの浮上位置に最も近い深度データ(ETOPO5⁷⁾)とフロートデータの最深層とを比較して、深度の方が浅くないかチェックする。
- 4) 圧力値逆転チェック: 圧力値が順に増加しているかチェックする。
- 5) 深度別レンジチェック: 深度毎に表1に示した水温/塩分のレンジを外れていないかチェックする。
- 6) 氷点チェック: 水温が次の式⁸⁾によって計算される結氷温度以下になっていないかチェックする。

$$T = -0.0575 S + 1.710523 E - 3 S^{3/2} - 2.154996 E - 4 S^2 - 7.53 E - 4 P$$

ここで, S; 実用塩分, P; 圧力 (dbar) である。

- 7) スパイクチェック: 温度, 塩分の鉛直分布に次の式で計算される値がしきい値(水温は2.0度, 塩分は0.3)より大きなスパイクがないかチェックする。

$$V_{test} = |V2 - (V3 + V1) / 2| - |V1 - V3| / 2$$

ここで, V2がテストする層の値, V1とV3はテストする層の直上と直下の層の値である。

- 8) 勾配チェック: 温度, 塩分の鉛直分布に次の式で計算される値がしきい値(水温は10度, 塩分は5)より大きな勾配がないかチェックする。

$$V_{test} = |V2 - (V3 + V1) / 2|$$

ここで, V2がテストする層の値, V1とV3はテストする層の直上と直下の層の値である。

- 9) 密度逆転チェック: 温度, 塩分から計算される密度に逆転がないかチェックする。

以上のチェックで該当した場合に、データフラグを3(疑わしい値)としている。

表1 自動品質管理の深度別レンジチェックに用いるしきい値
Table 1 Range check value of temperature and salinity for each depth range used for automatic quality control.

Depth Range (meters)	Temperature (degree C)	Salinity (PSS78)
0 to 25	-2.0 to 37	0 to 40
>25 to 50	-2.0 to 36	0 to 40
>50 to 100	-2.0 to 36	1 to 40
>100 to 150	-2.0 to 34	3 to 40
>150 to 200	-2.0 to 33	3 to 40
>200 to 300	-2.0 to 29	3 to 40
>300 to 400	-2.0 to 27	3 to 40
>400 to 1100	-2.0 to 27	10 to 40
>1100 to 3000	-1.5 to 18	22 to 38

3.2.4. データベース登録

デコードの結果得られた圧力/水温/塩分値, フロートの内部情報, ARGOSによって得られた全ての位置情報, 品質管理後のデータフラグに加えて, ARGOSが受信したメッセージ数, 最終更新日時等の管理情報をデータベースに登録する。後の品質管理において観測値の補正やデータフラグの変更がなされる場合には, 全ての変更履歴と変更前の値がデータベースに記録される。

3.2.5. Webページの自動更新

Webページの構造は現在図7のようにになっている。このうち, 自動更新されるページについては, 3時間毎に新規登録/更新データの有無をチェックし, 該当するフロートデータに関連するページが自動作成/更新される。また, 24時間毎に全ページの更新を行っている。

3.3. フロート情報管理

フロートのタイプやシリアル番号, フロートの投入情報, 漂流時間/浮上時間の設定等のメタデータはフロートによる観測データと同様にデータベースに登録している。データベースへの登録/更新は操作を容易にするためにWebブラウザを通じて行う(図8)。これらのページは内部ネットワークだけで使用するものであるため, フロート情報管理専用別途httpサーバを稼働させている。

3.4. フロートデータの品質管理

Argo計画では水温0.005度, 実用塩分0.01を目標精度としているが, 電気伝導度センサーは微妙な物理的変形や表面

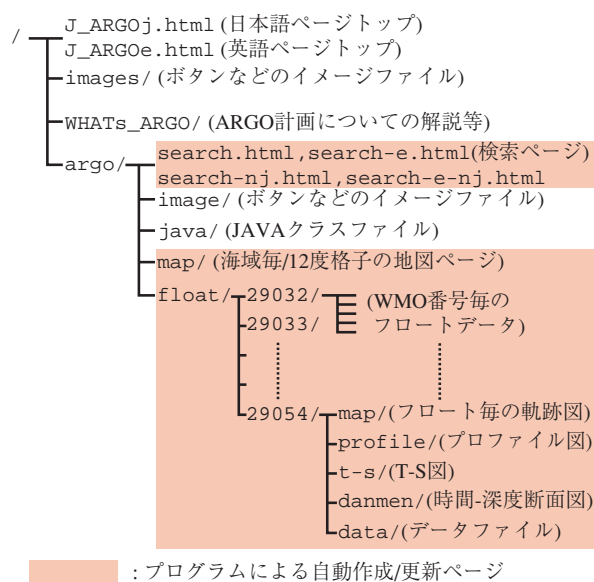


図7 アルゴ計画高品質データベース(Japan ARGO Delayed-mode Data base)のWebページの構造。アドレスはhttp://w3.jamstec.go.jp/ARGO/である。

Fig. 7 World Wide Web Site structure of the "Japan ARGO Delayed-mode Data base" (http://w3.jamstec.go.jp/ARGO/).

の汚れによって大きな精度低下がおこる可能性が高いため、長期にわたって精度を保つのは困難である。安定度を高めた電気伝導度センサーの開発が現在も進められているが、投入されたセンサーのデータ品質管理も重要である。これまでもFreeland⁹⁾やBacon et al.¹⁰⁾によってフロートによって得られた塩分を歴史的データや時空間近傍データを用いて補正することが試みられてきた。海洋科学技術センターにおいてもARGO計画の中で品質管理手法の検討を進めている¹¹⁾。

本システムでは、フロートデータと歴史的データとの比較(図9)、フロートデータ相互の比較、時空間近傍データとの比較をPC上で行い、画面上でフラグを変更し、データベースを更新できるようにしている。歴史的データとして、NODC/NOAA(アメリカ海洋大気庁海洋データセンター)によるWorld Ocean Atlas 1998¹²⁾とARGO品質管理用に準備したHydrobase¹³⁾データをデータベースに登録している。なお、時空間近傍データはNEAR-GOOS(北東アジア地域GOOS) RRTDB(地域リアルタイムデータベース)¹⁴⁾が扱っているGTSを経由して得られた全球の表層水温/塩分データを毎日自動でftpによって取得し、比較用データベースに登録している。

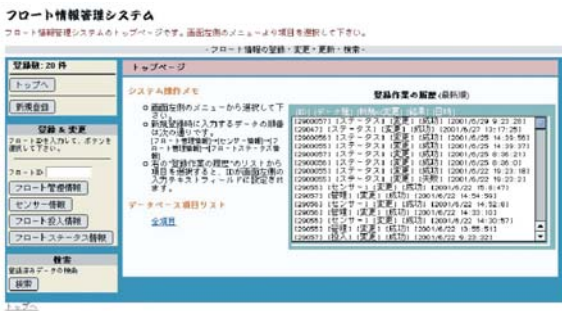


図8 フロート情報管理システムのトップページ
Fig. 8 Top page of the "Float information management system."

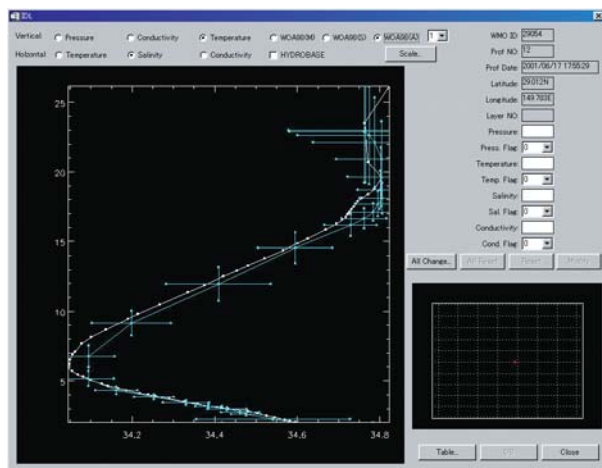


図9 フロートデータ品質管理プログラムの表示例:フロートデータと歴史的データ(WOA98)との比較画面
Fig. 9 Sample screen shot of the "Float data quality control program." Comparison graph of Float data and historical data (WOA98).

4. 考察

本システムは2001年4月1日よりWWWを通じたデータの公開を開始した。これまでに、スクリプトの設定ミスのためにファイルシステムが一杯になってしまい、データベースサーバが止まってしまったことがあったが、それ以外には大きな問題もなく自動処理が行われている。今後Argo計画がさらに進められていく中で検討している点を以下に掲げる。

4.1. 全Argoフロートへの対応

現在のシステムでは、海洋科学技術センターが投入したプロファイリングフロートのみを対象としてシステムが構築されている。2000年10月に開催されたInternational Argo Data Management Group meetingでは、統一したフォーマットでフロートデータを取り扱うことと、全てのデータは二つのグローバルセンターを通じて交換することが合意された。統一フォーマットは2001年9月に開催予定のArgo Data Management Team Meetingにおいて決定される予定である。フォーマットが決定し、グローバルセンターが稼働開始したときには、海洋科学技術センターのデータベースにも全てのフロートデータを格納し、海洋科学技術センターにおいても全球のフロートデータを提供できるように、システムを改良する予定である。

4.2. リアルタイム処理の所要時間

現在、フロートが送信を終えて沈降してから自動処理によって全てのリアルタイム処理が終了するまでに要する時間は12~32時間である(図10)。平均の処理時間は約20時間であり、90%以上については24時間以内に処理を終えてい

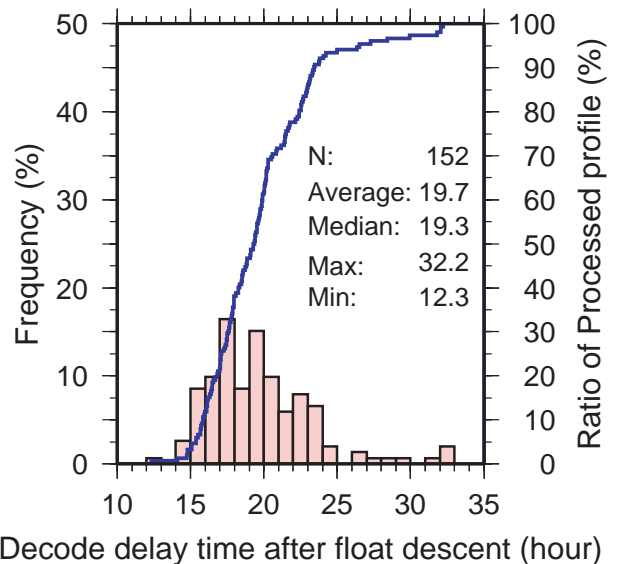


図10 フロートデータの自動処理に要する時間の頻度分布
自動処理によってデータベースに登録されたプロファイルについて、フロートが送信を終えて沈降してからデータをデコードしてデータベースに収めるまでに要した時間の頻度分布を示した。
Fig.10 Histogram of demand time between the float descent time after transmission and decode time of the float data.

る。ミレニアム・プロジェクトの目標である長期予報精度の向上のためには、リアルタイムデータをすみやかにモデルに同化することが望ましい。フロートデータのリアルタイム処理に要する時間を短縮するには、最も時間を要しているデータ取得に要する時間の短縮と、現在一律に12時間と設定しているデコード処理前の待機時間の検討が必要である。データ取得時間の短縮には、ARGOSシステム以外の衛星通信システムの導入も候補の一つとなる。

4.3. エラーデータの復元

すでに3.2.2節で触れたように現在の通信システムではエラー率が高く、配信されたブロックのデータ全てにCRCエラーが検出されることがおこりうる。Sherman¹⁵⁾が実施したARGOSのパフォーマンステストの結果によると、1の連続と1と0の繰返しとの二つのパターンにおいてエラーの性質に差がないため、ARGOSで生じるエラーは単純なビット落ちというよりはノイズバーストのために幾つかのビットが連続してエラーを生じていることが多いとしている。図11はCRCエラーが生じたデータのみ受信された一例であるが、バーストエラーのために多くのビットが反転してしまっているものもあれば、ほんの数個のエラーだけのものもある。しかし、たとえエラーが含まれていても、複数個受信できていればビット毎に比較することによって最も確からしいデータ列を再構成し、CRCを計算することによって復元できる可能性がある。図11のデータをこのようにして復元した例を図12に示す。デコード結果を検討しながらこのような作業を行うことにより、データを少しでも復元することが望ましいため、品質管理用PC上でエラーデータの復元を手軽に行えるよう検討を進めている。

4.4. 遅延品質管理の効率化

海洋科学技術センターにおける遅延品質管理は原則として海洋科学技術センターが投入したフロートについて行うが、計画の進展に伴い品質管理を行う対象のフロートが増加するため、品質管理作業を支援するデータ品質評価プログラムを定期的に行う必要があり、そのレポートをもとに効率良く品質管理作業を進めていく必要がある。どのようなレポートを作成することが品質管理作業に役立つか検討し、システムに組み込む必要がある。

5. まとめ

ミレニアム・プロジェクトの一つである「高度海洋監視システム(ARGO計画)の構築」における観測データ処理・管理のために、展開したフロートデータの格納、遅延モード品質管理、データの提供を行う「データベースシステム」としてフロートデータ自動処理・品質管理システムを構築した。本システム

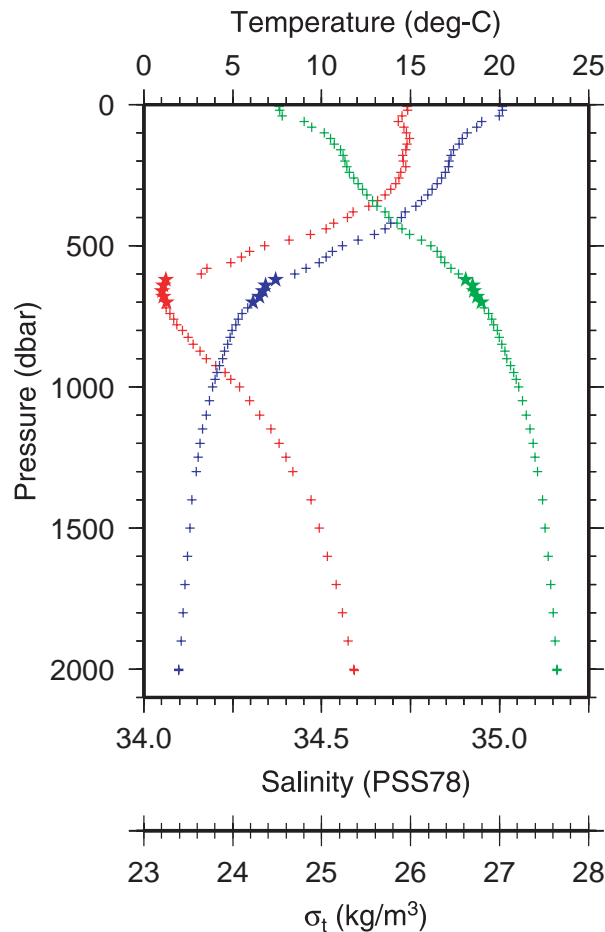


図12 図11のビットエラーを補正することにより得られたデータ(図中★)
Fig.12 Example of recovery data from bit error shown in Fig. 11.

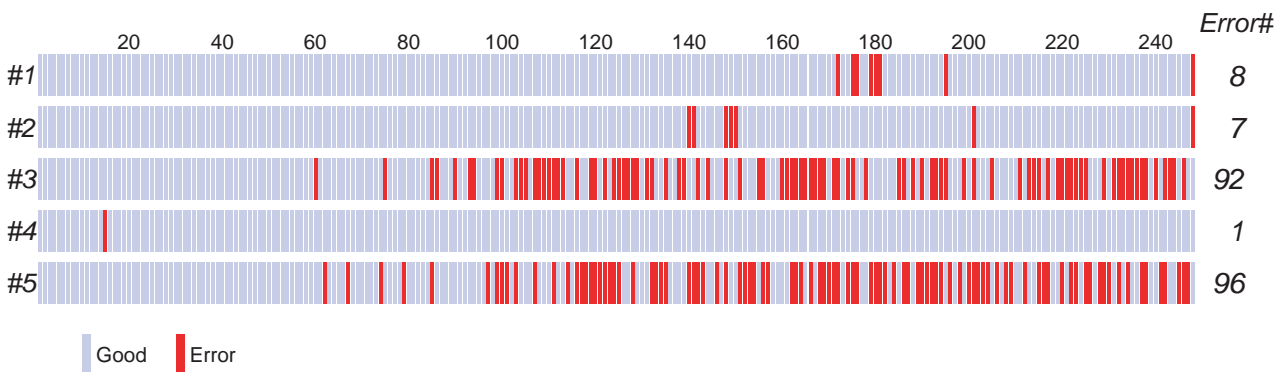


図11 ARGOSデータに見られるビットエラーの発生例
Fig.11 Example of bit error in ARGOS message.

ムはフロートデータの自動リアルタイム処理と遅延高度品質管理の二つの側面をもっている。自動リアルタイム処理によりフロートの浮上から1~2日間でデータをWWWを通じて公開している。また、品質管理作業のために歴史的データ(WOA98, Hydrobase)及び時空間近傍データを用意し、フロートデータと画面上で比較できるようにした。

2001年度には全Argoフロートへの対応,エラーデータの復元,遅延品質管理の効率化を念頭においた改良を計画している。

謝辞

ワシントン大学のD. Swift氏には、ワシントン大で運用しているプロファイリングフロートのデータ処理システムについて、また、アメリカ海洋大気庁(NOAA)大西洋海洋・気象研究所(AOML)のR. Molinari氏をはじめとするGOOSセンターの方々にはGOOSセンターにおける品質管理処理に関して御教授いただいた。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Davis, R. E., Webb, D. C., Regier, L. A. and Dufour, J., "The Autonomous Lagrangian Circulation Explorer (ALACE)", J. Atm. and Oceanic Technol., 9 (3), 264-285 (1992).
- 2) Roemmich, D. and W. B. Owens, "The Argo project: global ocean observations for understanding and prediction of climate variability", Oceanography, 13, 45-50 (2000)
- 3) 水野恵介, "高度海洋監視システム(ARGO計画)構想について", 日本造船学会誌, 854, 485-490 (2000).
- 4) CLS/Service Argos, Users Manual 1.0. (CLS/Service Argos, Inc., January 1996).
- 5) 中島宏幸, 高槻靖, 水野恵介, 竹内謙介, 四竈信行, "アルゴフロートの通信状況", 海洋科学技術センター試験研究報告, 44, 153-161 (2001).
- 6) IOC, Manuals and Guides #22 "GTSPP Real-time Quality control manual" (1990).
- 7) NOAA, Data Announcement 88-MGG-02, Digital relief of the Surface of the Earth. (NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, 1988).
- 8) UNESCO, "Algorithms for Computation of Fundamental Properties of Seawater." UNESCO Technical Papers in marine science, 44 (1983).
- 9) Freeland, H., "Calibration of the Conductivity Cells on PALACE Floats", 1997 U.S. WOCE Report, 37-38 (1997).
- 10) Bacon, S., L. R. Centurioni and W. J. Gould, "The Evaluation of Salinity Measurements from PALACE Floats", J. Atm. and Oceanic Technol., 18(7), 1258-1266 (2001).
- 11) 小林大洋, 市川泰子, 高槻靖, 須賀利雄, 岩坂直人, 安藤健太郎, 水野恵介, 四竈信行, 竹内謙介, "高品質気候学データセット(HydroBase)を用いたアルゴデータの品質管理 I", 海洋科学技術センター試験研究報告, 44, 101-114 (2001).
- 12) NOAA, World Ocean Atlas 1998 (WOA98), (NOAA, National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, April 1999).
- 13) Macdonald, A. M., T. Suga and R. G. Curry, "An isopycnally averaged North Pacific climatology", J. Atm. and Oceanic Technol., 18 (3), 394-420 (2001).
- 14) 吉田隆, 豊嶋茂, "NEAR-GOOSにおけるデータ管理の現状と展望", 月刊海洋, 33(5), 311-316(2001).
- 15) Sherman, "Observations of Argos Performance", J. Atm. and Oceanic Technol., 9 (6), 323-328 (1992).

(原稿受理:2001年7月31日)

付録：プロファイリングフロートのデータフォーマット

現在までに海洋科学技術センター/地球観測フロンティア研究システムによって投入されたフロートは、ARGOSシステムを用いてデータを転送している。データは32bytesの16進数表記で転送される(図A1)。データフォーマットには現在2種類あり、図A2にそれを示す。水温(T)、塩分(S)、圧力(P)への変換は次の式で行う。ここで、 B_H は上位バイト、 B_L は下位バイトの値(それぞれ0x00-0xFF[10進数で0-255]の範囲を取る)を示す。

[タイプA1]

$$T = (B_H * 256 + B_L) / 1000 \quad (^\circ\text{C})$$

$$S = (B_H * 256 + B_L) / 10000 + 30 \quad (\text{in PSS78})$$

$$P = (B_H * 256 + B_L) / 10 \quad (\text{dbar})$$

[タイプA2]

$$T = (B_H * 256 + B_L) / 1000 \quad (^\circ\text{C}, \text{但し } 0 \leq (B_H * 256 + B_L) \leq 62536 \text{ の場合})$$

$$T = (B_H * 256 + B_L - 65536) / 1000 \quad (^\circ\text{C}, \text{但し } (B_H * 256 + B_L) > 62535 \text{ の場合})$$

$$S = (B_H * 256 + B_L) / 1000 \quad (\text{in PSS78})$$

$$P = (B_H * 256 + B_L) / 10 \quad (\text{dbar})$$

また、電源電圧値(V)、フロート内の圧力値(p)、ピストンモーターの駆動時間(t)は次の式による。ここで、Bは該当バイトの値、 B_H/B_L はそれぞれ上位/下位バイトの値である。

$$V = B / 10 + 0.6 \quad (\text{V})$$

$$p = B * -0.376 + 29.15 \quad (\text{inHg})$$

$$t = (B_H * 256 + B_L) * 2 \quad (\text{sec } \text{※タイプA2のみ})$$

なお、「前回の沈降直前における海面での圧力」にはエンコードの際に5dbarが加えられているので、上の式で変換した後に5dbar差し引く必要がある。

これら以外の項目は該当バイトの値そのままがその項目の値となる。

02147	28935	13	8	H	1	2001-06-28	12:19:14	33.940	141.626	0.000	401647472	
						2001-06-28	12:13:59	1	660A44CC	BA2ABE1F	475A4684	95B4643
									BF6A088F	47440BCF	46B1A7C0	BB240702
						2001-06-28	12:16:59	1	940C5711	B31D0254	5C7CB03F	18B63B0
									A7E000C3	64B9A478	6364B7	A487004A
						2001-06-28	12:18:29	1	16010A01	5A0F3908	F80A67B0	123A6A83
									4E382D	B68AEF0	36A90CE2	AE0D32C0
						2001-06-28	12:19:59	1	80020D83	AD9830C9	E0AAD15	2ED92EC6
									266F880A	AEB75551	54D1403	D7F721B0
						2001-06-28	12:21:29	1	3F031003	A6DF2708	1058A683	261110D0
									A5EC2517	127AA62A	241D142E	A627231F
						2001-06-28	12:24:29	1	D90517DA	A2241DA8	192CA261	1CE41B48
									A3331C1B	1C7AA2AE	1B4E1D6F	A2D71A8A
02147	28935	7	8	J								
						2001-06-28	18:09:29	1	FA072B64	AAAA15DB	2DE0AC4B	15102EDA
									AD251447	3100AECF	13803312	B01D12BC
						2001-06-28	18:12:29	1	1C093EA9	B7C60E0B	40F7B94F	D45419F
									B9A20C7B	433DBA1D	BB34432	BA4E0AEA
						2001-06-28	18:13:59	1	660A44CC	BA670A1F	454ABA84	95B4643
									BB0A088F	4745BB22	7C647C0	BB240703

02147	アルゴスプログラム番号
28935	アルゴスPTT ID
13	このデータブロックの行数
8	1メッセージに含まれるデータブロックの数
H	受信した衛星のID
1	アルゴスによって求められた位置のクラス
2001-06-28	日付
12:19:14	求めた位置の時刻(UTC)
33.940	緯度
141.626	経度
0.000	高度
401647472	衛星の受信周波数
2001-06-28	メッセージの送信日付
12:13:59	メッセージの送信時刻
1	メッセージの繰り返し受信数

図A1 ARGOSシステムより送付されるデータの例

青で示した第1行目はARGOSシステムによる位置等の情報である。緑で示すように、各メッセージには送信日時と繰り返し受信数が付加されている。データは4bytesずつの8文字に区切られて送られる。冒頭の0は省略されていることに注意が必要である。赤で示したメッセージは図A2 (a)に示すタイプA1の第1メッセージである。

Fig. A1 Sample messages from ARGOS system.

表A1 プロファイル終了フラグ(16進表記)

Table A1 Data table of "Profile termination flag byte" in hexadecimal notation.

値	内容
00	海面値まで圧力値が到達(正常終了)
02	圧力値が0になった
04	圧力値が25分以上変化しない
08	海面到達前にピストンが伸び切った
10	海面到達前に上昇時間が過ぎてしまった (タイプA1のみ)

(a) 第1メッセージ [タイプA1]

Byte	Hex	Description
1	16	CRC
2	01	メッセージ番号(=1)
3	0A	メッセージブロック番号
4	01	コントローラのシリアル番号
5	5A	
6	0F	プロファイル番号
7	39	プロファイル長
8	08	プロファイル終了フラグ (表A1)
9	F8	ピストン位置
10	0A	最深層の水温
11	67	
12	B0	最深層の塩分
13	12	
14	3A	最深層の圧力
15	6A	
16	83	電源電圧 ※1
17	00	前回の沈降直前における海面での圧力 ※2
18	4E	
19	38	フロート内部の圧力 ※3
20	2D	滞在深度でのピストン位置
21	0B	水温(1) ※4
22	68	
23	AE	塩分(1) ※5
24	F0	
25	36	圧力(1) ※6
26	A9	
27	0C	水温(2)
28	E2	
29	AE	塩分(2)
30	0D	
31	32	圧力(2)
32	C0	

- ※1 $0x83/10+0.6=13.7$ (V)
- ※2 $(0x00 \times 256 + 0x4E)/10-5=2.8$ (dbar)
- ※3 $0x38 \times -0.376 + 29.15=8.09$ (inHg)
- ※4 $(0x0B \times 256 + 0x68)/1000=2.920$ (deg-C)
- ※5 $(0xAE \times 256 + 0xF0)/10000+30=34.4784$
- ※6 $(0x36 \times 256 + 0xA9)/10=1399.3$ (dbar)

(b) 第1メッセージ [タイプA2]

Byte	Hex	Description
1	35	CRC
2	01	メッセージ番号(=1)
3	19	メッセージブロック番号
4	02	コントローラのシリアル番号
5	00	
6	0E	プロファイル番号
7	3D	プロファイル長
8	00	プロファイル終了フラグ (表A1)
9	DA	ピストン位置
10	02	ピストンモーターの駆動時間 ※1
11	2A	
12	7F	電源電圧(ポンプ稼動直後) ※2
13	FF	プロファイル時のピストン位置
14	F3	海面でのピストン位置
15	58	エアブラッド内の圧力
16	07	最深層の水温
17	F1	
18	87	最深層の塩分
19	21	
20	4D	最深層の圧力
21	DA	
22	89	電源電圧(無負荷時)
23	00	前回の沈降直前における海面での圧力
24	54	
25	38	フロート内部の圧力
26	1B	滞在深度でのピストン位置
27	08	水温(1) ※3
28	42	
29	87	塩分(1) ※4
30	13	
31	4A	圧力(1) ※5
32	32	

- ※1 $(0x02 \times 256 + 0x2A) \times 2=1108$ (sec)
- ※2 $0x7F/10+0.6=13.3$ (V)
- ※3 $(0x08 \times 256 + 0x42)/1000=2.114$ (deg-C)
- ※4 $(0x87 \times 256 + 0x13)/1000=34.579$
- ※5 $(0x4A \times 256 + 0x32)/10=1899.4$ (dbar)

(c) 第2メッセージ以降

Byte	Hex	Description
1	80	CRC
2	02	メッセージ番号(m)
3	0D	水温(n)
4	83	
5	AD	塩分(n)
6	98	
7	30	圧力(n)
8	C9	
9	0E	水温(n+1)
10	0A	
11	AD	塩分(n+1)
12	15	
13	2E	圧力(n+1)
14	D9	
15	0E	水温(n+2)
16	C6	
17	AC	塩分(n+2)
18	6F	
19	2C	圧力(n+2)
20	E7	
21	0F	水温(n+3)
22	A7	
23	AB	塩分(n+3)
24	D9	
25	2A	圧力(n+3)
26	F7	
27	10	水温(n+4)
28	C1	
29	AA	塩分(n+4)
30	82	
31	28	圧力(n+4)
32	FD	

- ※ $n=(m-1) \times 5+3$ [タイプA1の場合]
- $n=(m-1) \times 5+2$ [タイプA2の場合]

図A2 現在運用中のプロファイリングフロートのデータフォーマット

(a) タイプA1の第1メッセージ (b) タイプA2の第1メッセージ (c) 第2メッセージ以降

Fig.A2 Data format arrangement of profiling floats in operation.

(a) First message of type A1 (b) First message of type A2 (c) Other messages