

はえなわ操業における小型水深水温計 SBT-500観測データのデータベース化

松本隆之^{*1}・余川浩太郎^{*1}・稲掛伝三^{*2}・水野恵介^{*3}・石原靖文^{*4}

A database system for the data of small bathythermograph system SBT-500 observed during tuna longline operations

Takayuki MATSUMOTO^{*1}, Kotaro YOKAWA^{*1}, Denzo INAGAKE^{*2}, Keisuke MIZUNO^{*3}
and Yasufumi ISHIHARA^{*4}

Abstract We have developed a database system for the observation records of the small bathythermograph system SBT-500 and their related data during longline operations. The purpose of this database is to summarize and hold SBT-500 data and related data such as cruise, longline operation type, fishing gear type, biological data by species, calibration data for the sensors, and oceanographic data in order to assist analyses for studies in various fields. These data are stored in individual tables or directories in a personal computer and linked together. Using this database, analyses of 1) oceanographic conditions, 2) hooking depth, temperature and time of captured species and 3) underwater shape of longline gear can be conducted, not based on temporally and spatially limited small data sets but instead using a large amount of linked data. So far there are over 20,000 records stored, and once more data are gathered, even more reliable analyses will be possible.

Key word: database, small bathythermograph system, longline, hooking depth, oceanography

SBT-500の開発の経緯と特徴

小型水深水温計 SBT-500 (村山電機製) は, 主に, はえなわ漁具に取り付けて, 漁場の水温構造, 釣鈎の到達水深, 釣獲水深などを簡便に測定できるよう開発された測器である (Mizuno *et al.*, 1996)。その後, 投入・回収位置の自動的な取得や多数のプロープを扱えるよう改良され (Okazaki *et al.*, 1997), 現在, 遠洋水産研究所では, はえなわ試験操業の際に漁具に取り付けて計測するのが普通となり, 用船調査等にも利用

されている。この小型プロープ (センサー) は, 一定時間間隔 (1~60秒, ユーザーが設定可能) で水深および水温データを取得・メモリに保管し, それを, センサー回収後, パソコンに転送する。その際, パソコンに GPS 受信機が取り付けられていれば, データ取得開始/終了, プロープの着水/離水時の位置データも取得される。測器の仕様は Table 1に, 取得データのフォーマットを Table 2に, 観測および出力の模式図を Fig. 1に示す。

本プロープは, 開発時の目的以外にも, はえなわ漁

2005年3月5日受理 (Received on March 5, 2005)

^{*1}遠洋水産研究所 〒424-8633 静岡県静岡市清水区折戸5-7-1 (National Research Institute of Far Seas Fisheries, 5-7-1, Orido, Shimizu, Shizuoka, Shizuoka, 424-8633, Japan)

^{*2}遠洋水産研究所 海洋研究グループ 〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4 (National Research Institute of Far Seas Fisheries, 2-12-4, Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa, 236-8648, Japan)

^{*3}(独) 海洋研究開発機構 地球環境観測研究センター 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2-15 (Institute of Observational Research for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15, Natsushima, Yokosuka, Kanagawa, 237-0061, Japan)

^{*4}日本 NUS 〒108-0022 東京都港区海岸3-9-15 (Japan NUS CO., LTD., 3-9-15, Kaigan, Minato, Tokyo, 108-0022, Japan)

Table 1. Specification of SBT-500 system. Alternation of Mizno *et. al.* (1997)

Item	Value
Size(length × diameter)	170×18mm
Weight	75g in air and 37g in water
Sampling interval	1-60sec(can be set up freely)
Sensors	
Temperature	
Measurement range	-5~40°C
Resolution	0.1°C
Precision	±0.1°C
Depth	
Measurement range	0-500m
Resolution	1m
Precision	±2m
Data storage	Approx. 175KB (data for about forty hours by 10 seconds sampling interval)

Table 2. Format of SBT-500 observation data. Italics mean comments, which are not included in the data file.

TAG 247 周期 10	<i>Tag number and sampling interval (sec)</i>
開始 00/11/05 19:29:49 S05° 33.986 W020° 04.456	<i>Start date, time and position of data recording</i>
着水 00/11/06 10:34:09 S08° 15.881 W024° 53.750	<i>Date, time and position of sensor's entry into water</i>
離水 00/11/06 19:51:49 S08° 20.100 W024° 51.200	<i>Date, time and position of sensor's taking off from water</i>
終了 00/11/06 20:51:09 S08° 23.546 W024° 50.750	<i>Finished date, time and position of data recording</i>
データ 9129, 5426, 8772	<i>The number of total record and record number of sensor's entry and taking off from water</i>
深度 +0, +235 温度 +11, +40.1	<i>Minimum and maximum value of depth (m) and temperature (°C)</i>
深度・温度	
0 399	<i>Data for depth (m) and temperature (0.1°C)</i>
0 394	
0 397	
0 399	
≈	
215 117	
216 117	
216 117	
216 117	
≈	
2 238	
2 235	
2 239	

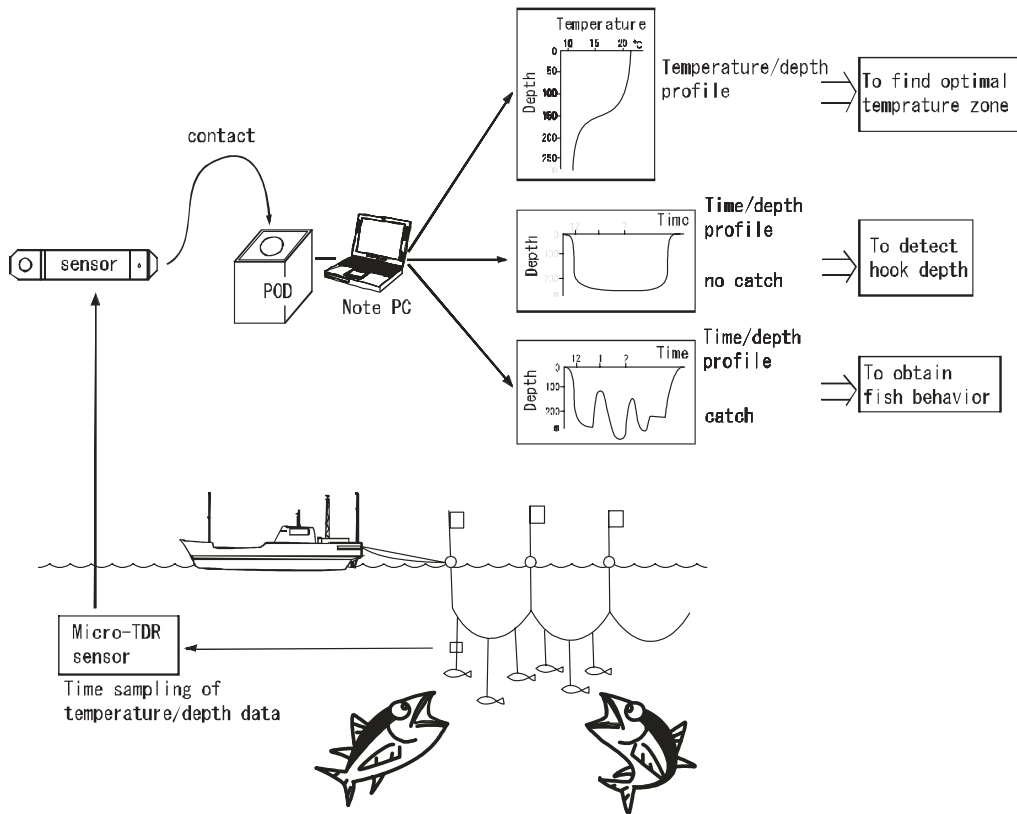


Fig. 1. Image of observation and data processing of SBT-500.

具の複数の箇所に取り付けることにより、縄なり（縄全体の形状）（水野ら, 1997; Mizuno *et al.*, 1998）や、漁具の漂移（Okazaki *et al.*, 1997）に関する情報を取得するために活用されている。

SBT-500データの利用

SBT-500による観測データは、はえなわで漁獲される大型浮魚類の資源解析のための基礎情報、および、海洋情報として利用することができる。

まぐろはえなわ漁業で漁獲される大型浮魚類、すなわち、まぐろ、かじき、さめ類等の魚種は、種や系群によって違いはあるものの、近年では資源状態は減少傾向もしくは低水準で推移しているものが多く、資源解析や資源管理のより一層の強化が必要である。そのための基礎情報として、漁獲データやサイズ（体長、体重）データの収集、整備のみならず、これらの魚種の生態の解明も必要である。はえなわ漁業対象種の資源解析の場合、CPUEの推定においては、漁業データ（漁獲量、努力量）を主体として、漁具、時期、海域等の効果を入れたGLM（Generalized Linear Model; 一般化線形モデル）が多く使われているが、一部の魚種・海域においては、GLMによる解析を行った際、

はえなわ漁具の効果（浅縄もしくは深縄の効果）が予想される結果と逆に表れる場合もある（Yokawa, 2003）。そこで、最近では、このような事態を解消するため、解析対象魚種の鉛直分布確率とはえなわ漁具の鉛直分布確率から有効努力量を直接推定する、ハビタットモデル（Habitat Based Model, Hinton and Nakano, 1996; Bigelow *et al.*, 2002; Yokawa and Takeuchi, 2003）も一部に用いられるようになっている。ハビタットモデルを適用する際には、対象種の釣獲（遊泳）水深、水温・溶存酸素（DO）分布等の海洋環境情報、はえなわ漁具の実際の到達水深といった、環境、操業、生態についての情報が必要である。

また現在用いられているハビタットモデルは、全て、対象魚種のはえなわ漁具に対するaccessibility（遭遇率）が鉛直的に一定であるとの仮定の下に解析を行っている。しかしながらまぐろ・かじき類がどの水深帯でも同様に捕食活動を行うとは限らない（Yokawa *et al.*, 2003）。SBT-500は、釣獲水深や水温を実測することにより、まぐろ・かじき類の鉛直分布確率と鉛直的な捕食頻度の変化の関係を調べ、より精度の高いハビタットモデルの構築に貢献することも期待される。

はえなわ操業における釣獲水深は、漁具仕様（浮縄長、枝縄長、1鉢あたり枝縄数、枝縄間隔）およ

び短縮率（浮き球間の距離を投入した幹縄の長さで割ったもの）から、カタナリー曲線を仮定して求まる釣鉤到達水深および釣獲枝縄番号より、理論的な値が計算できる。しかし、実際の到達水深は、海流の鉛直シア等で漁具が吹き上げられて浅くなる現象（いわゆる「ふかれ」）により、必ずしも理論的深度に到達しないことが知られている（Hanamoto, 1987; 水野ら, 1997）。SBT-500を用いた観測の利点は、枝縄の到達水深および釣獲水深等が直接得られることにある。さらに、これまでに広範囲の時期・海域で収集されたSBT-500および他の海洋観測機器による海洋観測データ（水温、溶存酸素等）も合わせて収集することで、ハビタットモデル等の資源解析に必要な情報を得ることができ、また、漁獲の効率化、混獲（うみがめ類、海鳥類、漁獲対象としないさめ類等）回避のための基礎情報も得られると期待される。加えて、もともと海洋観測機器という特性により、水温の鉛直プロファイルも多数収集、蓄積することができ、今後の海洋、資源学的研究のための有用な情報となりうる。

データベースの必要性

SBT-500の取得データ（観測データ）は、1観測（投入から回収まで）につき1レコード（1ファイル、テキストデータ）で、データ構造は、Table 2に示すように比較的単純である。しかしながら、縄なりや釣獲水深等の解析をするためには、この観測データ以外に、関連するはえなわ操業の情報（時空間的情報、漁具の情報等）、プローブ取り付けに関する情報（プローブ番号、取り付け位置等）、漁獲生物の情報（釣獲枝縄

番号、釣獲時刻、釣獲水温、魚種、体長等）が必要で、さらにそれらの相互リンクが必要不可欠である。そしてまた、より精度の高いデータを得るため、キャリブレーション（較正）結果を用いたSBT-500の水深、水温取得データの補正、センサーの品質管理も行う必要がある。これらの情報について、これまで、統一したフォーマットによる一括管理がなされておらず、そのことが、複数航海のデータを利用した解析の妨げとなっていた。

これまで遠洋水産研究所ではSBT-500による観測を数多く実施してきており、近年では、1操業で100本以上のプローブを使用する場合もある（例：平成13年度水産庁調査船照洋丸 ミナミマグロ産卵場調査；水産庁・遠洋水産研究所, 2002）。これらの観測で使用したプローブ本数は延べ2万本余りとなっている。また、調査海域は、太平洋を中心とし、インド洋や大西洋にも広がっている（Fig. 2）。先に述べたような、まぐろ・かじき・さめ類等の資源状態の悪化という状況下において、これらのデータを一括管理し、それを用いた資源学的、海洋学的解析を行うことが急務となっている。

このような背景のもと、SBT-500の観測データおよびそれに関連するプローブ観測データ較正、航海、はえなわ操業、漁獲物の情報の一括管理、任意の条件でのデータの検索・抽出、それにもとづくデータ解析、海洋観測情報の蓄積を目的として、2001年から2003年にかけて、SBT-500観測データのデータベースシステムが検討・構築された。データベースは2002年3月に仮運用（入力および検索機能のみ）が開始され、2003年9月より本稼動している。次節以降に、その目的お

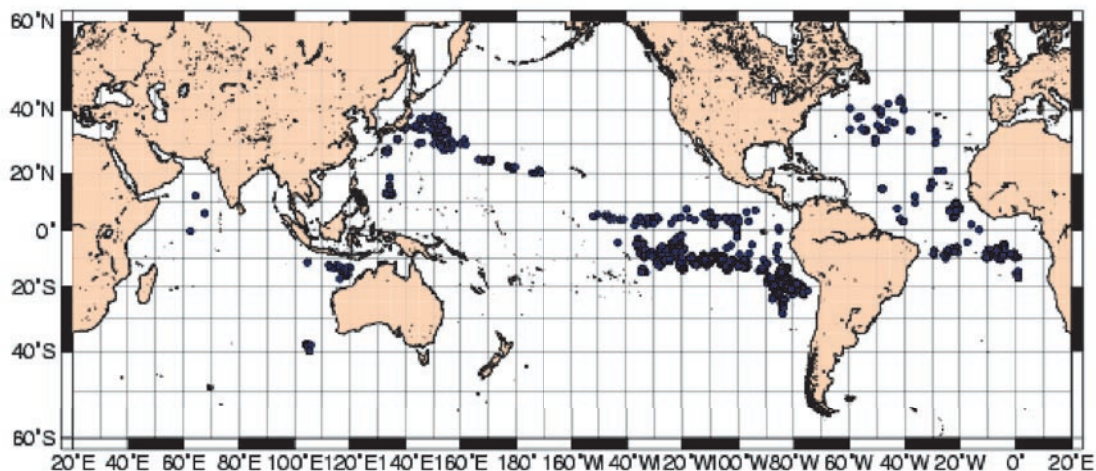


Fig. 2. Position of longline operations SBT-500 was used by National Research Institute of Far Seas Fisheries (1377 points which was conducted until January 2003 and data were processed).

よび内容を記す。

データベース化の目的

前節にも記述したように、SBT-500データは、他のデータと併せてデータベース化して初めて、様々なテーマの研究に便利に対応できるので、それらのデータの一括管理が重要である。ただし、テーマごとに必要なデータが異なるので、これらをテーマ別に整理すると以下のようなになる。

1) 海洋観測データの収集、蓄積

SBT-500による水温鉛直プロファイルデータは、すでに広い範囲、時期にわたる多くのデータが観測・蓄積されつつある。また、プローブの着水・離水位置データからはえなわの漂移速度を求めることにより、海洋表層の流向流速も推定できる。これらを、時空間的な情報と合わせて保管することで、海洋観測データベースとしての機能を持たせることができ、さらに、漁場の海洋環境が得られるので、資源解析のための基礎情報となる。

2) 釣鉤の設置深度

従来は、はえなわ漁具の到達水深は、カテナリーモデルによる計算等、推定するしか方法がなかった。しかし、SBT-500により、漁具（釣鉤等）の到達水深の実測が可能であり、どのような漁具仕立てでどの程度の水深帯をカバーしたかが把握できる。そしてまた、狙った水深帯へ漁具を到達させるための漁具仕立てを検討する際の参考になる。そのため、実際のはえなわ操業を実施する際の有用な情報となる。

3) 水中ではえなわ漁具の挙動

水中に設置したはえなわ漁具は、海流等の影響によ

り、ふかれが起こり、必ずしも理論的な水深と一致しないことが知られている（Hanamoto, 1987；水野ら, 1997）。はえなわの漁獲データを用いて資源解析等を行う場合、1鉢あたり枝縄数（釣鉤数）や釣獲枝縄番号に基づく、釣獲水深を考慮した釣獲率を指標として用いることがあるが、その際には、釣鉤到達水深がふかれにより受ける影響も考慮する必要がある。しかしながら、ふかれの詳細なメカニズム、すなわち、所定の海流（表面および中層流向流速）、風向風速、漁具の材質および長さ、短縮率等といった条件の下で、どの程度のふかれが生じるかについては、いまだ詳細には解明されていない。海域、海洋環境、漁具等が異なる条件下のデータを多数収集して、解析を行うことで、縄なりのメカニズムについてより明らかになることが期待される。

4) 漁獲物の釣獲水深・釣獲時刻等の情報

釣獲水深や時刻等を直接観測し、その情報を集めて解析することで、より綿密な解析を行なうことができるので、水深等を考慮した資源管理において有用な情報となる。釣獲水深の推定においては、古くは釣獲枝縄番号に基づいた解析（例：吉原, 1951；花本, 1979）が行われ、最近では枝縄に取り付けた水深計により実測し、集計・解析した例もあるが（西, 1990；Boggs, 1992；Uozumi and Okamoto, 1997；Matsumoto *et al.*, 2001）、観測数が必ずしも十分でなく、時期や海域に偏りがあり、いまだ釣獲水深についての一般的な知見は得られていない。

はえなわ操業において、SBT-500センサーを取り付けた枝縄に直接漁獲物が釣獲された場合、そこに取り付けられたセンサーの観測データを用いて作成した時刻-水深グラフ（Fig. 3）から釣鉤の動きを読み取ることにより釣獲水深および時刻を推定することができる（“直接ヒット”）。また、このときの水温データより

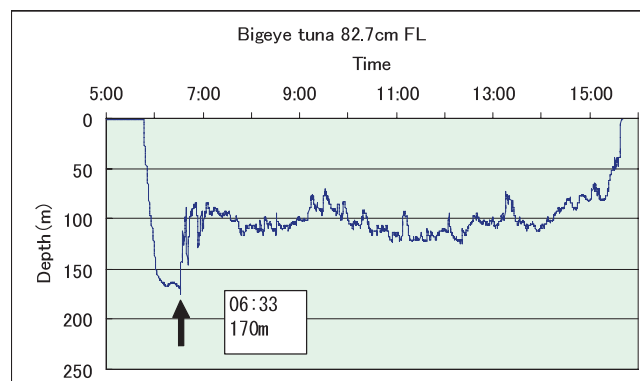


Fig. 3. An example of estimation of hooking depth etc. by SBT-500 (bigeye tuna). The arrow in the graph shows estimated hooking position, and the figures in the box show hooking time and depth observed from the graph.

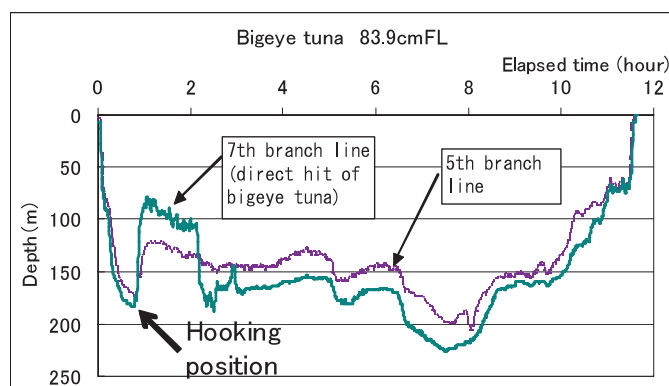


Fig. 4. Vertical movement of branch line by direct hit of a fish (bigeye tuna) and movement of adjacent branch lines to direct hit observed by SBT-500.

釣獲層における水温，すなわち生息水温がわかる。センサーを取り付けた枝縄に直接漁獲されなかった場合は，同一もしくは近隣の鉢に取り付けたセンサーの観測値から推定することも可能である（“間接ヒット”）。まぐろ類等の大型浮魚類は，釣鉤にかかった後，急速な鉛直移動を行うことが多く（Fig. 3），時としては，近隣の枝縄（通常同一鉢内，魚種によっては隣の鉢にまで）にもその鉛直変化をもたらす（Fig. 4）。その場合，近隣の枝縄に取り付けたセンサーの観測データより，釣獲時刻を推定することも可能である。これらの情報を多数蓄積することにより，はえनावで漁獲されるまぐろ，かじき，さめ類等の各魚種について，さまざまな海域における釣獲水深，時刻，水温を知ることができ，はえनाव漁具の到達水深情報と合わせて，水深帯別の相対的な釣獲率（CPUE）の比較も可能となる。

さらに，2）とも関連するが，対象魚種について，釣獲率の高い水深，水温，時間帯を明らかにすることにより，それに合わせた操業形態を取ることが可能となる。その結果，漁獲効率を向上させ，そしてまた，混獲率を減少させられることが期待される。

データベースの設計方針

SBT-500データベースは，データ入力や修正が容易で，なおかつ，必要なデータを効率よく検索，表示，ダウンロードできるようにして，さらに，複数のユーザーがネットワークを通じて同時にアクセスできるように設計された。

SBT-500データベースは，MySQL，PHP，Apache，Perl等のフリーソフトから構成されたWebベースのデータベースであり，Microsoft Windows（現時点

ではWindows XP Professional）をOSとして動かしている。このデータベースで使用しているソフトウェアのMySQLはRDBMS（Relational DataBase Management System）でありWindows版，UNIX版の両方で稼動し，検索処理や更新処理を高速にできることが特長である。技術的観点から見れば，ソースコードが公開されていること，たくさんのプラットフォームで動作していること，マルチスレッドを使用して作成されていること，メモリリークがないこと，様々なプログラムのインターフェイスも用意されていることなど，速く，安定したシステムがRDBMSである。

PHP（Hypertext Preprocessor）は，HTMLファイル内に記述するタイプのスクリプト言語である。通常のCGIとして使用できるが，PHPモジュールをApacheサーバーに組み込むことにより，Perl/CGIと比較して処理速度の高速化，サーバー負荷の低減が可能である。Apacheは，世界一のシェアを誇るWWW（World Wide Web）のサーバー用ソフトウェア（ウェブサーバ）である。Apacheはメモリ管理がしっかりしており，また，実質メモリ消費は5MB程度と軽量で，アクセス速度も他のWWWサーバーと比較して遜色ないほど高速である。Apacheの構成は，モジュールの追加によって行っている。つまり，モジュールを追加・削除する事により，効率よく，また高機能なApacheを構成でき，モジュールによって，いつも最新の機能が利用でき，手軽に機能追加する事もできる。

最後にPerlは，システム管理及びWorld Wide Webのプログラミングに広く利用されているスクリプト言語である。SBT-500データベースでは，Windows環境に対応するためActive State社のPerl

for Win32 (通称 Active Perl) をインストールし、漢字コード変換等に使用している。

SBT-500データベースは、これらのソフトウェアを使用し、Fig. 5に示すようにクライアントの要求を効率よく提供するように構築されたデータベースシステムである。

データは、1レコードずつ直接入力することもできるが、基本的には、次節で述べるような、複数のフォームに対応するスプレッドシートの形式で準備し、それぞれをまとめてインポートすることにより入力する。データベースは全て、1台のPC(Windowsマシン)に一括して保管・管理し、上記のようなシステムにより、ネットワークを通じて、複数ユーザーがリモートアクセスすることが可能である。なお、調査船等、外部でデータベースを使用する場合は、ローカルPCにデータベースシステムのコピーをインストールして持参することで、速報報告用等の集計・解析を行うこともできる。

データベースの構造

1) 構造の概略

SBT-500は、はえなわ操業（主として調査船・用船、一部には一般漁船においてオブザーバー・便乗調査、機器を貸し出して観測を依頼）において使用されることが大部分であるので、本データベースは原則として、はえなわにおける使用に限っている。

はえなわ漁具にSBT-500センサーを取り付けた場合、センサーが取得した時空間的情報のみならず、それに関連した縄なりや釣獲水深等の解析を行うために、はえなわ漁具の情報、漁具の漂移、センサーの取り付け位置の情報、漁獲された生物の情報、関連する海洋データが必要不可欠である。そしてまた、より正確な情報を得るために、センサーの観測データ(水深、水温)は、キャリブレーション(通常CTDに取り付

けて同時降下させて水温・水深を計測)結果を用いて校正する必要がある。

本データベースにおいては、これらの情報を網羅し、なおかつ容易にリンクが取れるような形式にすることが必要であるという観点から、Fig. 6に示すように、9つのフォーム(テーブル)を設定し、それらのフォームにそれぞれ関連するデータを入力し、それぞれを、航海ID(航海の識別)、操業ID(はえなわ操業の識別)、操業参照ID(各操業における漁具詳細の識別)、プローブID(プローブの識別)によりリンクさせた。プローブの観測データは、Fig. 6(a)(Probe observation record (raw data))に示したように、航海ID、操業IDにより階層化されたフォルダーに保管し、プローブID、プローブ番号と合わせて各フォームとリンクさせ、必要なデータをダウンロードして解析に用いることができるようにした。

2) データベースの各入力フォーム

(1) はえなわ操業情報

原則として、SBT-500を使用した全てのはえなわ操業について、航海(Fig. 6(1))・操業(Fig. 6(2))情報を入力する。この中には、操業日、操業位置、縄(枝縄、浮縄、幹縄)の材質および長さ、枝縄間隔、浮き球(浮子)間隔(短縮率の計算に使用)、正午位置および天候海況(風向風速、表面流向流速)といった項目が含まれている。これらの情報を用いて、縄の長さおよび短縮率より、理論的な縄到達水深を計算することもできる。漁具仕立て(1鉢あたりの鈎数等)は、一部の船では(特に調査船、用船)1操業において複数用いる場合もあり、そのような複数の漁具仕立ての情報は別フォーム(Fig. 6(3))を設け、操業ごとに、開始終了鉢およびそれに対応する漁具の詳細を入力することにより、データベースにおいて対応可能となっている。また、操業地点における海洋観測(CTD, XCTD, およびXBTによる鉛直プロファイル、

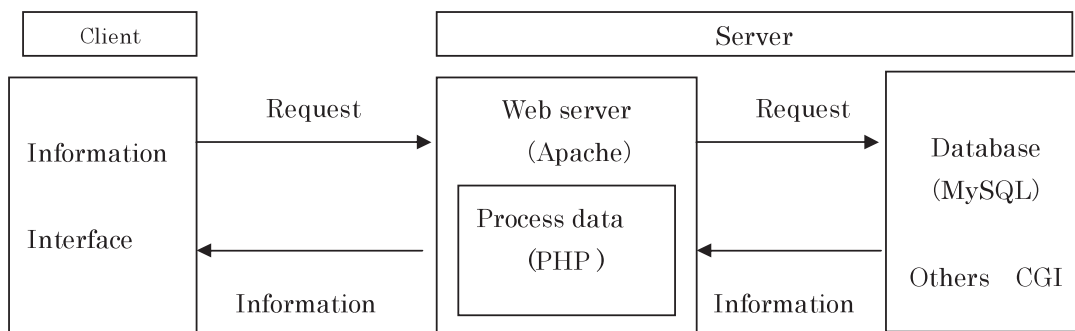


Fig. 5. Image of data delivery of SBT-500 database system.

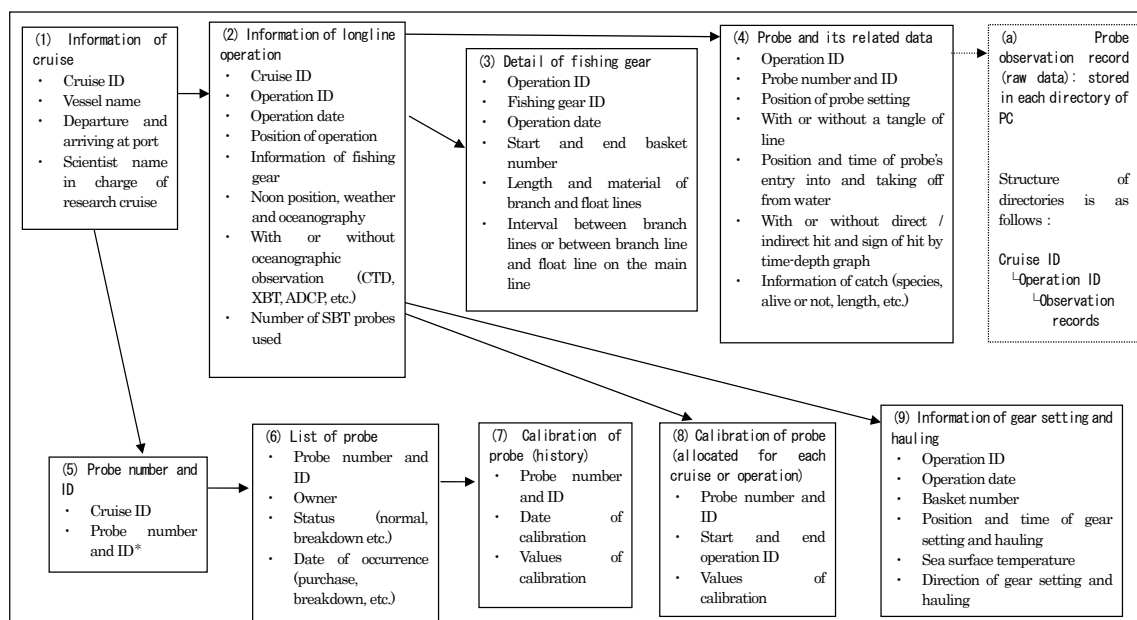


Fig. 6. Structure of SBT-500 database system. Each box shows form (table) and arrows show how these forms link together. “Probe observation record” denotes raw data of observation which are stored in each directory layered by cruise ID and operation ID. Only main items in each form are shown.

* “Probe number” is a numerical value (1-255, duplication is present) and “probe ID” is a text (no duplication).

ドップラー流速計もしくは ADCP (Acoustic Doppler Current Profilers) による海流の有無も入力し、必要に応じてこれらのデータも用いて、より詳細な解析も可能にする。

さらに、投縄・揚縄の詳細の情報を入力するフォーム (“ブリッジ野帳”と命名, Fig. 6 (9)) を設け、特定の鉢 (例えば20鉢ごと) の、投縄および揚縄時における時刻および位置等を入力し、SBT-500プローブを取り付けていない鉢も含めた漁具の漂移の解析および、GPS センサーを使用しなかったときの、SBT-500観測データを用いた漂移等の解析に用いる。

(2) 個別プローブ設置情報・取得データ

これらは、ひとつのフォーム (Fig. 6 (4)) として、以下の情報が含まれている。

1. プローブ設置に関する情報 (取り付けたのは幹縄／枝縄／浮縄のいずれであるか)
2. 枝縄番号・鉢番号, 枝縄に取り付けた場合の釣鉤からの距離
3. 取得データの概要 (着水・離水・開始・終了位置および日時, データ取得間隔, 取得データが正常か否か)
4. 漁獲生物に関する情報 (魚種, 生存状況, 体長体重等)

5. 漁獲物の釣獲 (ヒット) の有無に関する情報; (「直接ヒット」および「間接ヒット」の有無, センサーを取り付けた鉢内 (1鉢) の合計釣獲尾数, センサーが取得した水深データを時系列グラフにした際, 生物の釣獲 (もしくは食いつき) のサインが表れるかどうかの, 「ヒットサイン」の有無), 漁獲生物の釣獲時刻・水深・水温 (釣獲された場合のみ)

これらの情報を、全てのプローブについて入力する。

釣獲時刻, 水深, 水温については, 釣獲位置をコンピュータで自動的に判別することは不可能であるので, Fig. 3に示すような時刻-水深グラフを描画し (データベースにも描画機能が備えられている), それを見てユーザーが, 水深の変化をもとに釣獲位置を読み取り, 必要に応じてオリジナルデータ (もしくは較正済みのデータ) と照合して, 判別し入力する。

間接ヒットや1鉢の尾数について, 例えばある枝縄に直接ヒットがあっても, 同一鉢内の他の枝縄にも漁獲があった場合, 釣鉤の動きがどの生物によるものか特定できない可能性があり, そのような場合に, データ集計, 解析を行うユーザーが改めてデータやグラフを参照して検討できるようにするため, 間接ヒットの有無および1鉢あたり釣獲尾数の項目を設けた。

(3) プローブ観測データ

観測データは、プローブ1本で操業1回の観測につき、Table 2に示すような1ファイルが作成される。これらのデータファイルを、データベースシステムと同一のサーバーに、航海ID - 操業IDで階層化されたフォルダー (Fig. 6 (a)) の中に保管する。これらフォルダー名および、ファイル名に記述されたプローブ番号 (例: No.247のセンサーであれば、ファイル名は“Tag247.sst”) により他のフォームとのリンクを取り、解析の際には、必要に応じてダウンロード・加工する (Fig. 6参照)。各プローブの、はえなわ漁具安定時 (それぞれの枝縄の、投縄1時間後から揚縄1時間前までと定義) の、水温・水深データの、最大、最小、平均、標準偏差を計算、表示する機能も含まれている。

水温、水深データは、解析の際には、通常キャリブレーションにより補正したものを使用するが、センサーの品質は時とともに変化し、なおかつ、通常は同一のセンサーについて複数回のキャリブレーションを行うので、較正值の割り当てを容易にし、なおかつ今後の較正方法の見直しにも対応できるよう、観測データは生データの形で保管し、解析の際に適切な較正值を使用し、キャリブレーション結果を反映させるようにする。

(4) プローブリストおよび観測データの較正值

それぞれのプローブは、プローブ番号 (1~255, 重複あり) およびプローブID (文字列, 製造年月や機関コードを記載, 重複なし) を用いて区別し管理を行っている。

プローブのリスト (Fig. 6 (5), (6)) は、履歴 (Fig. 6 (7)) とともに整理し、購入、故障、修理、紛失といった状況およびその日時を入力することにより、どのプローブが、いつの時点でどのような状態にあったのかを特定できるようにした。

さらに、センサーの観測値には若干の誤差があり、メーカーの仕様では、水深が $\pm 2\text{m}$ 、水温が $\pm 0.1^\circ\text{C}$ とされている (水野ら, 1997)。実際の観測では、一例として、遠洋水産研究所が水産庁調査船照洋丸にて、東部太平洋 ($4^\circ 00' \text{S}$, $86^\circ 39' \text{W}$) において、1997年7月25日に、CTDのフレームに取り付けて実施したキャリブレーション (水産庁資源生産推進部・遠洋水産研究所, 2002) では、37本のセンサーについて、最下層の300.2m (12.8°C) において、水深が $-4.3 \pm 1.9\text{m}$ (平均 \pm 標準偏差)、水温が $-0.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$ の誤差 (CTDによる水深水温を基準とした) がみられた。そのため、解析の際には較正済みデータを用いることを

基本とする。プローブのキャリブレーションについて、複数回実施した場合は全てについて日時および較正值を入力し、前述したプローブの状態と合わせることで、履歴を作成し、最も適切な較正式を選択できるようになっている。そしてまた、簡便のため、各航海・操業に対応した較正リスト (Fig. 6 (8)) も作成しており、これは主として、乗船調査員が航海中に実施したキャリブレーション結果をもとに、調査航海や調査レグごとに割り当てたものである。解析の際には履歴もしくは航海・操業対応較正值のいずれかを選択できるようになっている。較正值が全くない場合は、生データを用いることもできる。

較正の方法は、十分精度管理されたCTDセンサーに取り付けて、いくつかの水深 (原則として、500mまでの数層~10数層の水深帯) においてセンサーを一時停止して水深、水温を観測し、各層においてCTDの値を真値として、SBT-500の水深、水温についての観測データとの直線回帰を行い、得られた回帰係数 (切片と傾き) を較正值とする。

データベースを用いた集計と解析

データベースを利用した研究テーマはすでにデータベース化の目的で述べたが、ここでは、データベースを用いて解析を行う具体的な方法、手順について記す。

1) データ検索、抽出機能

この機能は、各ユーザーが、それぞれの目的に応じて必要なデータを検索・抽出するもので、あらゆる集計、解析において非常に重要である。前節に示したフォームで入力されたデータについて、それぞれのフォーム間のリンクを用い、指定した条件でのデータを検索して、操業データや海洋データと関連付けた抽出、例えば、ある海域 (緯度経度で指定) のある魚種の釣獲データを抜き出し、といった使い方が可能である。検索、抽出は、SQLクエリーおよびMicrosoft Accessのクエリーが使用できるようになっている。検索画面の例を、メインメニュー、データ登録・更新メニューとともに、Fig. 7に示す。

2) 縄なりの解析

はえなわ漁具が、カテナリー曲線に基づく理論的な水深に達しないことがあるということはすでに述べたが、SBT-500を用いることにより、漁具 (幹縄、枝縄) の到達水深を時系列で把握することができ、短縮率と合わせて、縄なりの解析において重要な情報となる。

縄なりの解析を目的とした場合、通常、以下の方法で調査を行う。はえなわ漁具の特定の鉢に、数多く(例えば、一つの鉢の全ての枝縄、もしくは枝縄1本おき等)のSBT-500プローブを設置する。短縮率推定のための浮子間の距離は、投縄時の幹縄繰り出し速度および船速から計算、船のGPSによる投縄距離から計算、GPS プイによる実測といった方法があり、観測例は少ないものの、GPS プイを使用することにより、時系列の詳細な浮子間距離を得ることができる(Mizuno *et al.*, 1998)。

縄なりの解析について、いくつかの方法が考えられるが、水野ら(1997)および Mizuno *et al.* (1998)に見られるような、SBT-500による縄到達水深、GPS プイ等により測定・計算された浮き球間距離に基づく短縮率を用い、さらに海流をも考慮した、3次元モデルによる解析が今のところ有用な方法であると考えられる。

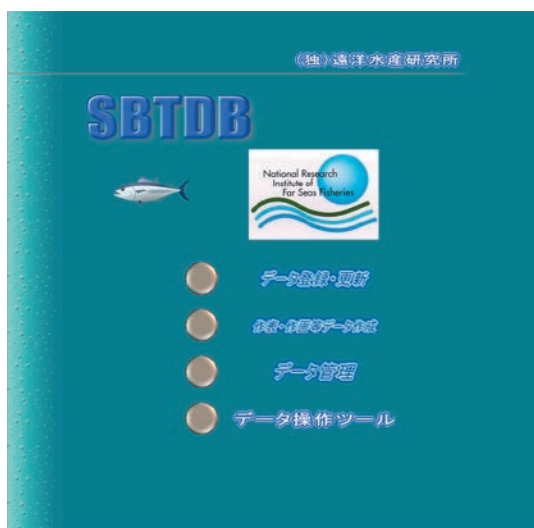
このような解析を、データベースに保管されたデータから必要な項目を抽出して実行する。具体的には、漁具仕立て(縄長さ、枝縄間隔等)、プローブ観測データによる、枝縄もしくは幹縄到達水深、幹縄短縮率、プローブや浮子の投縄時および揚縄時の位置に基づく漁具の漂移、といったデータをデータベースから抽出して解析に用いる。当然のことながら、漁獲物による上下動(ヒットサイン)が見られる枝縄およびもつれ

のあった枝縄は、解析の対象外とする。ヒットサインおよびもつれの情報は、各プローブに対応する枝縄についてコード化して保管されているので、検索・判別が可能である。必要に応じて、ADCP等により観測された流向流速データも用いる。さらに、異なる海洋環境、漁具の条件下で調査を数多く実施することにより、より一般的かつ詳細な縄なりの解析を行うことを目標としている。

3) 釣獲水深、時刻、水温を考慮した釣獲率の推定

はえなわ漁具において、釣獲率を計算する場合、単純に釣鈎数が努力量として用いられることもあるが、実際には、漁具の仕立て(1鉢あたり枝縄数、枝縄長、枝縄間隔等)によりカバーする水深帯が異なり、実質的な努力量も変化すると考えられる。そこで、水深帯別の努力量(釣鈎浸漬時間)および釣獲尾数を推定することにより、より実際のはえなわ操業に即した、精度の高い推定ができると考えられる。また、釣獲時刻や水温の情報も合わせて得ることができ、時間帯や海洋環境をも考慮した釣獲率の解析の際の基礎データとなる。

SBT-500プローブを装着した枝縄に直接生物が釣獲され、なおかつ時刻-水深のグラフに明瞭な動きが見られる場合(Fig. 3)、グラフより釣獲水深および時刻、水温を読み取ることが可能である(直接ヒット)。



データ登録・更新メニュー	
データ入力	ファイルからの入力
調査航海	調査航海
撿査	撿査
プローブ番号	プローブ番号
プローブリスト	プローブリスト
較正	較正
プローブ	プローブ
ブリッジ野帳	ブリッジ野帳
プローブ番号・較正	プローブ番号・較正
水深・水温	水深・水温
データ検索	データ更新
調査航海	調査航海
撿査	撿査
プローブ番号	プローブ番号
プローブリスト	プローブリスト
較正	較正
プローブ	プローブ
ブリッジ野帳	ブリッジ野帳
プローブ番号・較正	プローブ番号・較正
水深・水温	水深・水温
履歴の閲覧	
プローブリスト	較正

Fig. 7. Examples of screen of SBT-500 database system. Left: main menu, right: data registration and update menu.

操業データ検索

入力された箇所に合致するデータを検索します。

フィールド名	内容
調査航海ID:	<input type="text"/> 以上 <input type="text"/> 未満
操業ID:	<input type="text"/> 以上 <input type="text"/> 未満
操業年月日:	<input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日以降 <input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日まで
投縄開始位置:	(<input type="text"/> ° <input type="text"/> ′ <input type="text"/> ″ から <input type="text"/> ° <input type="text"/> ′ <input type="text"/> ″ まで)
投縄開始時刻:	<input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 <input type="text"/> 時 <input type="text"/> 分 <input type="text"/> 秒以降 <input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 <input type="text"/> 時 <input type="text"/> 分 <input type="text"/> 秒まで
投縄終了位置:	(<input type="text"/> ° <input type="text"/> ′ <input type="text"/> ″ から <input type="text"/> ° <input type="text"/> ′ <input type="text"/> ″ まで)
投縄終了時刻:	<input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 <input type="text"/> 時 <input type="text"/> 分 <input type="text"/> 秒以降 <input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 <input type="text"/> 時 <input type="text"/> 分 <input type="text"/> 秒まで
揚縄開始位置:	(<input type="text"/> ° <input type="text"/> ′ <input type="text"/> ″ から <input type="text"/> ° <input type="text"/> ′ <input type="text"/> ″ まで)
揚縄開始時刻:	<input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 <input type="text"/> 時 <input type="text"/> 分 <input type="text"/> 秒以降 <input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 <input type="text"/> 時 <input type="text"/> 分 <input type="text"/> 秒まで
揚縄終了位置:	(<input type="text"/> ° <input type="text"/> ′ <input type="text"/> ″ から <input type="text"/> ° <input type="text"/> ′ <input type="text"/> ″ まで)
揚縄終了時刻:	<input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 <input type="text"/> 時 <input type="text"/> 分 <input type="text"/> 秒以降 <input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 <input type="text"/> 時 <input type="text"/> 分 <input type="text"/> 秒まで
縄廻りの有無:	<input type="radio"/> なし <input type="radio"/> あり
釣り釣数:	<input type="text"/> 以上 <input type="text"/> 未満

操業データ検索結果

検索条件に合致したデータの調査航海IDと操業IDの組を表示しています。くわしく見るにはIDをクリックして下さい。

■ 合致した調査航海ID/操業ID

1	SY199701 SY199701027
2	SY199701 SY199701028
3	SY199701 SY199701030
4	SY199701 SY199701031
5	SY199701 SY199701032
6	SY199701 SY199701034
7	SY199701 SY199701039
8	SY199701 SY199701040
9	SY199701 SY199701042
10	SY199701 SY199701043
11	SY199701 SY199701055
12	SY199701 SY199701056
13	SY199701 SY199701062
14	SY199701 SY199701064
15	SY199701 SY199701065
16	SY199701 SY199701066
17	SY199701 SY199701080
18	SY199701 SY199701081
19	SY199701 SY199701082
20	SY199701 SY199701084

次の20件

77件中1件から20件目までを表示中

操業データ検索結果

フィールド名	内容
調査航海ID:	SY199701
操業ID:	SY199701027
操業年月日:	1997-06-29
投縄開始位置:	4-20.2N/117-20W
投縄開始時刻:	1997-06-29 04:38:00
投縄終了位置:	4-37.8N/117-25.4W
投縄終了時刻:	1997-06-29 07:31:00
揚縄開始位置:	4-38.8N/117-22.5W
揚縄開始時刻:	1997-06-29 13:01:00
揚縄終了位置:	4-17.6N/117-15W
揚縄終了時刻:	1997-06-29 17:25:00
縄廻りの有無:	0 (0:なし 1:あり)
釣り釣数:	702
使用鉢数:	54
正午位置:	39-0N/24-0E
正午風向:	SSE
正午風速:	3 m/s
正午表面流向:	
正午表面流速:	0 m/s
GMTとの時差:	0 時間
CTDもしくは(XCTD)の有無:	0 (0:なし 1:あり)
XBTの有無:	1 (0:なし 1:あり)
海流データの有無:	1 (0:なし 1:3層程度 2:10層程度 3:30層以上)
使用プローブ総数:	1
幹縄設置プローブ数:	42
枝縄設置プローブ数:	0
枝縄の長さ:	42 m
参照ファイル名:	ref_euc
備考:	SY199701027.CSV

Fig. 7. Examples of screen of SBT-500 database system (continued). Upper: data search for operation form (input conditions), lower left: result of data search (records which hit the conditions), lower right: result of data search (detail of the record which hit the condition).

SBT-500プローブを装着していない枝縄に釣獲された場合は、近隣の鉢の同一枝縄番号にプローブが装着されていればその取得データより得られた平均水深をもって代用し、同一もしくは近隣の鉢の一部の枝縄にのみプローブが装着されており、なおかつ同一枝縄番号には装着されていない場合は、SBT-500プローブにより得られた一部の枝縄の水深から、カテナリーモデルを用いて推定する（間接ヒット）。間接ヒットは、漁獲物の釣獲枝縄番号が観測されていれば、1～数鉢の全てもしくは一部（例えば1本おき）の枝縄にプローブを取り付けることにより、他の鉢への外挿が可能で、少ない（10数本～30数本程度）SBT-500プローブのデータからでも推定可能である。

これらのヒット情報および、他のセンサーによる釣鉤到達水深、浸漬時間、漁具仕立て情報等を、データベースから抽出、集計し、以下のようにして、水深帯別の釣獲率の推定が可能である。

枝縄（釣鉤）の水深帯別浸漬時間は、各枝縄番号について、SBT-500プローブによる実測、もしくはSBT-500データおよびカテナリーにもとづく推定水深を用い、それに、以下の式で得られる釣鉤平均水中浸漬時間を掛け、さらに、枝縄降下（投縄）および上昇（揚縄）時の水深別浸漬時間を加えることにより得られた各枝縄番号の水深帯別累積浸漬時間（Fig. 8）を、すべての枝縄番号について足し上げることにより得られる。

$$\text{釣鉤平均水中浸漬時間} = ((\text{揚縄開始時刻} - \text{投縄開始時刻}) + (\text{揚縄終了時刻} - \text{投縄終了時刻})) \div 2$$

ここで計算された水深帯別累積浸漬時間と、上記のような直接・間接ヒットにより得られた釣獲水深とから、水深帯別の釣獲率を推定することが可能である（水

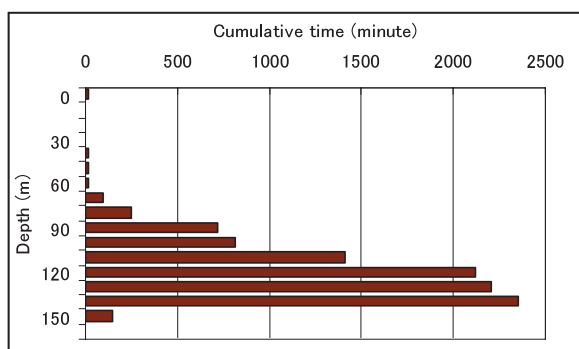


Fig. 8. An example of cumulative time of hooks' staying underwater (3rd branch lines of 5 hooks per basket).

温についても同様)。この方法であれば、水深帯別の釣鉤浸漬時間（努力量）にもとづき釣獲率を計算できるので、ある生物がどの水深で釣獲されやすいかを推定することができ、さらに、枝縄（釣鉤）の水深が安定している時のみならず、枝縄の降下時および上昇時の水深をも考慮に入れているので、より現実に即した解析が行えると考えられる。データベースにおいては、水深帯別の釣獲率について、上記のような方法に基づき計算する機能を有している。さらに、CTD、XCTD 観測と組み合わせることにより、溶存酸素量（DO）や塩分を考慮した解析も可能となり、海洋環境との関連についての情報も得られる。

4) 海洋観測データの収集、利用

大型浮魚類の分布、遊泳行動は、海洋環境と大きく関連している。前述のような、釣獲位置における水温の集計や、また、複数のプローブの観測データ（位置、水温、水深）を用いることにより、水温、水深の鉛直断面図作成のためのデータ出力も可能で、それを用いて断面図を作成することにより、釣獲分布と比較して検討することも可能である。また、SBT-500はもともと海洋観測機器であるという特性を生かし、SBT-500データベースにおいて、海洋データベース用ファイルも作成する。現状では、1レコードに付き、投縄（縄降下）時および揚縄（縄上昇）時の2通りの、水温水深ファイル（POD形式：遠洋水産研究所、1994）を作成する機能を持ち、海洋データベースの拡充にも寄与している。

5) 図表作成機能

観測結果の概略を把握し、航海報告書等にも使用できるように、いくつかの図表作成機能を有している。

水深および水温の時系列データについて、センサー1本分もしくは複数のセンサーのグラフを描画することが可能である。水深のグラフにおいて、センサーが観測した水温をもとに、等水温線を入れる機能も有している。時刻は、データ取得開始からの経過時間、船内時間、現地時間（経度より計算）のいずれかが選択できる。また、生物が釣獲されたプローブのグラフについては、グラフ内に釣獲時刻、水深、水温を記入し、タイトルに種名、釣獲鉢・枝縄番号、生存状況、体長を入れることができる。

観測結果の概要として、各操業、鉢番号、枝縄番号における取り付けプローブ番号、プローブ観測データの平均水温・水深について、操業、漁具の情報とともに、一覧表（例：Table 3）に表示することが可能である。

考 察

現在では、遠洋水産研究所のはえなわ調査において、調査船はもちろん、漁船や地方公庁船を使用した用船調査、一部には漁船への貸し出し・便乗・オペレーター乗船調査でも、SBT-500が使用されており、いまやはえなわ調査では実質的に標準装備機器になっている。すでに、時空間的に幅広い範囲で、数多くのデータを収集してきているので、今回のデータベース化を機に、既存のデータを一括保管・管理し、それを用いて釣獲水深や縄なり等の解析、取りまとめ、成果報告に利用していく。さらに、その過程で、既存のデータで不十分な点を洗い出し、より有効的なデータ取得方法、調査計画（調査海域、時期、漁具仕立て、プローブ設置方法等）を検討していき、調査の質の向上を目指す。さらに、データベースシステムそのものについても、実際の観測および解析によりよく適合するよう、さらなる改良を検討していくことが必要であろう。

特に、はえなわ漁獲物の釣獲水深、水温、時刻については、実際の漁獲を必要とし、魚種によっては一度にまとまって漁獲されないことが多いので、解析に耐えうるデータを得るためには、数多くの調査、観測が必要である。時期や海域ごとの解析を行う場合はなおのこと、より多くの調査が必要である。例えば、2000年に中部大西洋において照洋丸で実施したはえなわ調査（操業回数合計24回）では、メバチ（*Thunnus obesus*）の釣獲率が、釣鉤1000本あたり2.3尾であり（Matsumoto *et al.*, 2002）、現在同船のはえなわ操業において実施している標準的な形態である、1操業で釣鉤1000本程度、SBT-500プローブ100本程度の場合、確率10分の1の遭遇と考えると、SBT-500プローブを取り付けた枝縄に直接メバチが釣獲される割合は1操業あたり約0.23尾で、100尾分のデータ（直接ヒット）を得るためには、400回余りの操業が必要となる。実際には、同じ魚種についても、異なる海域（海洋環境）、時期、魚体サイズのデータを幅広く収集し、それぞれのカテゴリーに分けた解析も行う必要があるので、さらに多くの観測が必要である。SBT-500プローブを取り付けた枝縄と同一鉢内の漁獲、他の鉢の漁獲物への外挿（間接ヒット）により、直接ヒット以外のデータも利用できるものと期待されるが（特に釣獲水深、水温について）、一般的な釣獲水深等の解析においては、今後も継続的な調査を行い数多くのデータを収集していく必要がある。一方、釣獲水深について、プローブを取り付けた枝縄に直接釣獲され、なおかつ時刻-水深のグラフより釣獲水深が判別できる場合（直接ヒット）は容易であるが、プローブをつけた枝縄と同一

鉢内、他の鉢の漁獲物（間接ヒット）について推定する場合は、短縮率およびふかれの両方を考慮した方法等、よりよい推定方法を引き続き検討していく必要がある。間接ヒット時の釣獲水深推定においては、以下のような方法が考えられる。

- 投縄速度（投縄時船速および幹縄繰り出し速度）もしくは投縄距離および幹縄長から短縮率を求め、短縮率一定として、漁具仕立とから、カテナリーモデルより推定。
- SBT-500プローブにより観測された漁具到達水深から、短縮率を逆算して、逆算した短縮率からカテナリーモデルにより推定。
- 縄なりは、海流等の関係により、左右対称にならない場合があると考えられ、その場合、カテナリーモデルは適用できないので、他の鉢の同一枝縄番号に取り付けたプローブの観測データを外挿。

他のプローブの観測データの水深を利用する際、間接ヒットの釣獲時刻が不明の場合は、平均水深を代表値として使用するのが妥当であろうが、Fig. 4に示すような枝縄の動きにより釣獲時刻が判別できる場合は、その時刻における枝縄到達水深を用いることで、より精度の高い推定ができると考えられる。今後は、数多くの観測例を用いて、これらの方法を比較検討して、最も適切な推定方法を探究していきたい。

近年では、熱帯域において、メバチを主対象とした深縄（1鉢あたり釣数が15本程度ないしそれ以上）が多く用いられている。これは、1970年代頃まで用いられていた浅縄および通常縄（1鉢あたり釣数が10本程度ないしそれ以下）とは釣鉤到達水深が大きく異なり、メバチはもとより、一緒に漁獲されるキハダ（*Thunnus albacares*）、かじき類、さめ類等に対する漁獲効率（catchability）も変化していると考えられる。通常は、利用できる資料の関係で、漁獲成績報告書に記載された1鉢あたり釣数をもとに解析することが多いが、釣獲水深を実測することにより、より精度の高い解析を行い、漁具仕立ての変化も考慮したCPUEの評価ができると期待される。

より詳細な解析（釣獲水深や縄なり等）を行うためには、SBT-500データベースから得られるデータのみならず、関連するデータ、例えば、海洋環境情報として、XBT、XCTD、CTDによる鉛直プロファイル、ADCPによる中層の流れや反射強度、一般漁船等のはえなわ操業における操業・漁獲生物データ、ピンガー（超音波発信機）、アーカイバルタグ（データ記録型標識）、ポップアップタグ（データ記録・浮上型標識）といったバイオテレメトリーによる生物の生態に関するデータ、といった情報を総合的に検討していくこと

Table 3. An example of a list of observation record of SBT-500 created by database system

操業番号*1	鉢番号*2	月日*3	鉢数*4	ひと鉢あたり釣数*5	プローブ取り付け位置*6	浮縄長*7	枝縄長*8	枝縄間隔*9	着水時刻*10	離水時刻*11	ブランチ番号/平均水深 (m) *12													浮縄*13	備考*14
											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
SY199502001	40	1995/11/16	50	13	釣元*6	25	32	50	5:34:52	19:01:18		61	67	72	74	76	77	79	79		72	61			
SY199502002	40	1995/12/9	50	13	釣元	25	32	50	9:01:37	19:57:59		88	123	146	181	203	215	220	203		156	90			
SY199502003	20	1995/12/11	50	13	釣元	25	32	50	9:59:59	17:44:40				212				156							

Note: *1:operation number, *2:basket number, *3:date, *4 number of hooks per basket, *6:position of probe setting, *7:length of float lines, *8:length of branch lines, *9: interval of branch lines, *10:time of sensor's entry into water, *11:time of sensor's taking off from water, *12:branch line number / average depth (m), *13:float line, *14:comments, *15:near the hook.

が重要であろう。

バイオテレメトリーでは、少ない観測例からでも生物の行動（垂直、水平移動）を、連続的に、詳細にモニターすることが可能である。しかし、いつどこで摂餌したかについては、一部には報告があるものの (Itoh *et al.*, 2003), 通常は情報が得られない。一方, SBT-500による釣獲記録は、数多くの観測を必要とするものの、摂餌した水深、水温、時刻を直接もしくは間接的に知ることができ、同時にはえなわ漁具の水深・水温・時刻別分布状況も知ることが出来るので、摂餌状況を相対的に評価することが出来る。従って、どのような条件で摂餌するかを推定する方法としてはより優れていると考えられる。より精度の高い議論を行うためには、これらの方法を比較検討して、合わせていくことで、大型浮魚類の摂餌生態を明らかにして、資源解析へと結び付けていく必要がある。

今回の SBT-500観測データおよび関連するデータのデータベース化により、釣獲水深や縄なり等についての数多くの観測データを用いた詳細な解析が可能となり、まぐろ類やかじき類等の資源評価の精度向上等が期待される。

謝 辞

SBT-500を用いたはえなわ調査を行うにあたって、乗船調査において協力をいただいた、水産庁調査船照洋丸をはじめとする各船（地方公庁船、民間漁船）の乗組員の方々、調査にたずさわった乗船調査員の方々、データベース化の検討に加わり、議論していただいた遠洋水産研究所の職員の方々、SBT-500測器の開発および改良に力添えをいただいた村山電機の方々に感謝の意を表す。

文 献

- Bigelow K. A., Hampton J., and Miyabe N., 2002: Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Fish. Oceano.*, **11**, 143-155.
- Boggs H. C., 1992: Depth, capture time, and hooked longevity of longline-caught pelagic fish: Timing bites of fish with chips. *Fish. Bull.*, **90**, 642-658.
- 遠洋水産研究所, 1994: 地方公庁船による「海洋観測資料」データ記載用紙の記入方法, 15 pp.
- 花本栄二, 1979: マカジキに関する水産海洋学的研究 - IV マグロ延縄漁場における遊泳層, *日本水産学会誌*, **45**, 687-690.
- Hanamoto E., 1987: Effect of oceanographic environment on bigeye tuna distribution. *Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr.*, **51**, 203-216.
- Hinton G. M. and Nakano H., 1996: Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological, or behavioral constrains and environmental data, with application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from Japanese longline fisheries in the Pacific. *IATTC Bull.*, **21**, 171-200.
- Itoh T., Tsuji S., and Nitta A., 2003: Swimming depth, ambient water temperature preference, and feeding frequency of young Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) determined with archival tags. *Fish. Bull.*, **101**, 535-544.
- Matsumoto T., Miyabe N., Saito H., Okazaki M., and Chow S., 2002: Report of 2000-2001 research cruise by R/V Shoyo-Maru conducted under the ICCAT's BETYP. *ICCAT Col. Vol. of Sci. Pap.*, **54**, 68-90.

- Matsumoto T., Uozumi Y., Uosaki K., and Okazaki M., 2001: Preliminary review of billfish hooking depth measured by small bathythermograph systems attached to longline gear. *ICCAT Col. Vol. of Sci. Pap.*, **53**, 337-344.
- Mizuno K., Okazaki M., Watanabe T., and Yanagi S., 1996: A micro bathythermograph system for tuna longline boats in view of large scale ocean observing system. *Bull. of Nat. Res. Inst. of Far Seas Fish.*, **33**, 1-15.
- Mizuno K., Okazaki M., and Miyabe N., 1998: Fluctuation of longline shortening rate and its effect on underwater longline shape. *Bull. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish.*, **35**, 155-164.
- 水野恵介, 岡崎 誠, 中野秀樹, 岡村 寛, 1997: 小型BTを利用したまぐろ延縄の水中姿勢の推定. 遠洋水研報, **34**, 1-24.
- 西 徹, 1990: 東部インド洋におけるマグロ延縄による釣針深度の経時変化とキハダ・メバチの釣獲深度. 鹿児島大学水産学部紀要, **39**, 81-98.
- Okazaki M., Mizuno K., Watanabe T., and Yanagi S., 1997: Improved model of micro bathythermograph system for tuna longline boats and its application system to fisheries oceanography. *Bull. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish.*, **34**, 25-41.
- 水産庁資源生産推進部, 遠洋水産研究所, 2002: 平成9年度(1997年) 照洋丸調査航海(1次)報告書 東部太平洋まぐろはえなわ調査, 172pp.
- 水産庁, 遠洋水産研究所, 2002: 平成13年度 国際資源調査等水深対策事業 照洋丸第三次調査航海 ミナミマグロ産卵場調査 調査報告書. 196pp.
- Uozumi Y., and Okamoto H., 1997: Research of hook depth of longline gear in the 1995 research cruise of the R/V Shoyo-maru. *Working paper for the 7th meeting of the western Pacific yellowfin tuna research group.*, 20pp.
- Yokawa K., 2003: Preliminary results of study on the effect of gear configuration in CPUE standardization by GLM methods. *ICCAT SCRS Doc. SCRS/2003/035*, 20 pp.
- Yokawa K., Saito H., and Shono H., 2003: Preliminary Result of Vertical distribution pattern between Atlantic blue marlin and its CPUE. *15th SCTB BBRG-13*, 10pp.
- Yokawa K., and Takeuchi Y., 2003: Estimation of abundance index of white marlin caught by Japanese longliners in the Atlantic Ocean. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, **55**, 484-501.
- 吉原友吉, 1951: 鮪延縄の漁獲分布Ⅱ. 垂直分布. 日本水誌, **16**, 370-374.