

# 海洋地球物理データとファイル

宮崎 光 旗 (海洋地質部)

## はじめに

地質調査船「白嶺丸」による海洋地質の調査・研究は今年で満6年にもなり その調査データは日本近海および中央太平洋に関して大きな網をかぶせた——目の荒い網ではあるが——ようになっている。得られた資料もエアガン・スパーカーによる音波探査記録 サブボトムプロファイラ・音響測深機による表層および地形記録 船上重力計・磁力計による重力・地磁気データ ドレッジ・グラブ・コアラー等による岩石・堆積物サンプルさらにはマリン・ドリルによる岩石資料やソノブイによる屈折法記録 深海カメラ・テレビによる海底情報等多彩なものである。これら資料には もちろん 時刻と位置による一種の座標値が付いている。このことは至極当然のことのようであるが データ処理という観点からすると充分強調しておいていくはない。

ここでは重力・磁力および水深のデータと時刻・位置に関して述べる。これらデータは白嶺丸において NNSS (Navy Navigation Satellite System) という1つのシステム内にあるデータ——但し 位置のうちロラン・デッカはシステム外——であり 相互に関連性がありまた一貫した処理が行われているものである。

## データ

重力・磁力・水深そして時刻・位置のデータはすべて

異なる観測機器・方法手段で求められている。

重力はラコスト社 (LaCoste & Ramberg Co.) の船上重力計により測定される。この装置はジャイロモータによる水平安定台上にオーバードンプ型のバネによる重力検出部を置き 光でこの応用によりバネののびぢみを検出して重力を連続観測するものであり 通常の航行中の誤差は  $1 \text{ mgal}$  ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ) 以下である。

磁力はジオメトリクス社 (GeoMetrics Co.) のプロトン磁力計モデル G801 により測定される。センサーは船体ノイズをさけるため船の後方200m 程度のところを曳航される。誤差は曳航長が船長の3倍のとき約  $1 \gamma$  (nT: ナノテスラ) 船長の5倍のとき  $0.1 \gamma$  である。

水深は精密音響測深儀あるいはサブボトムプロファイラによる海底面反射信号を信号処理したあと 海水中の音速  $1500 \text{ m/s}$  という仮定で数値化されたものである。使用周波数は前者が  $12 \text{ kHz}$  後者が  $3.5 \text{ kHz}$  である。現在サブボトムプロファイラの反射信号を利用して数値化した水深値を得ているので 原理的にはこの波長  $0.43 \text{ m}$  が分解能となる。しかし水中音速一定の仮定は実際の海では成立せず補正が必要となる。また船の動揺等により 真下の海底面からの反射音を利用していない可能性もある。

時刻・位置は NNSS により計算される。時刻は NNSS 観測開始時に初期設定された後 数時間に1回の割合で受信する人工衛星電波中の正確な時刻情報により更新され電算機内のタイマ (水晶発振器により駆動) で維持されている。位置は時刻と同様初期設定後 船速および針路検出器 (電磁ログまたはドップラー・ソナおよびジャイロコンパス) による推測航法と人工衛星測量による計算位置の更新により得られる。なお速度は推測航法のほか人工衛星測量や重力でのエトペウス補正にも使用される重要な量である。

これらデータはそれぞれ測定機器・方法に従属した精度が付随し また重力異常値や磁気異常値のように時刻位置・船速等の値に修飾されてこれらの精度にも支配されるものもある。表1に観測機器とその精度 我々が目標とする誤差範囲 実際の (経験的) 誤差を掲げる。

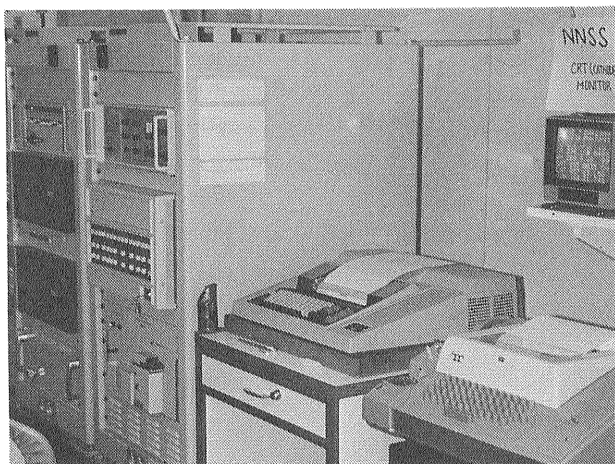


写真1 N N S S  
奥の方の中央部にあるのが磁気テープファイル装置・  
2台の装置によりDR ファイルは とぎれなく作成される

Item	Equipment	Accuracy			unit	
		equipment	desired	actual		
GRAVITY	Sea-air gravity meter LaCoste & Romberg S63	0.25	1.0	<5	mgal	positioning speed depth
MAGNETIC	Proton precession magnetometer GeoMetrics G801	0.1	1.0	<10	gamma	time variations positioning
DEPTH	Subbottom profiler/Digitizer Raytheon	0.43	0.5% +1.0	2-5% +5	m	v <sub>p</sub> =1500 m/s
POSITION	NNSS Magnavox MX702A/hp	-	0.2	≤0.5	NM	fix frequency speed
SPEED	EM Log Hokushin EML-12	0.1	0.1	0.5	kt	water speed
HEADING	Gyrocompass Hokushin D-1	0.1	0.1	0.5	deg	setting offset
TIME	Quartz oscillator in MX702A/hp	1.0	1.0	1.0	ms	

表1 観測項目と機器名・精度  
このほか 船速はドップラー・ソナによっても測られる。位置は オメガ ロラン デッカのような電波航法装置類 場合によりレーダーと海図による直読によっても求められる。右欄の項目はそれぞれの観測量に影響を与える他の量。

データ集録装置と処理装置

重力計・磁力計あるいはサブボトムプロファイラ等の観測機器から送られてくる重力値・磁力値そして水深の値は船速や針路等他のデータとともに NNSS に流れ込み NNSS 内のデータとなる。白嶺丸の NNSS に関しては中条・他<sup>(1)</sup> (1977) にそのシステム構成その他が詳しく述べられているのでここでは図1にブロック図を掲げるとどめる。NNSSにデータ集録装置の役割をおわせるのはそれが電算機を必要とし同時に船速・針路等の船に関する情報をも必要とすることから この電算機を中心に各種外部機器を結合させてデータの集録機能をもたせることが簡単にでき 同時にデータの一元的

処理・管理を可能にしてくれるからである。

外から流れ込む重力等のデータは NNSS で作られる時刻・位置等のデータとともにいったん電算機内に貯えられた後 設定された時間ごとに図1にある磁気テープ装置により磁気テープ上に記録 (9tr/800bpi/600feet) されていく。このとき各観測装置あるいは NNSS 電算機内でバラバラに発生したデータは データの種類ごとにまとめられ 時刻とデータの種類を示すラベルが貼られ時間順レコードのファイルとなっていく。ファイルの仕様は中条・他 (1977) に詳しく記載されているので省くがここでおおよそのデータ量を表2に示す。この段階でのデータ量は1日当たり約 2Mbyte 600feet 磁気テ

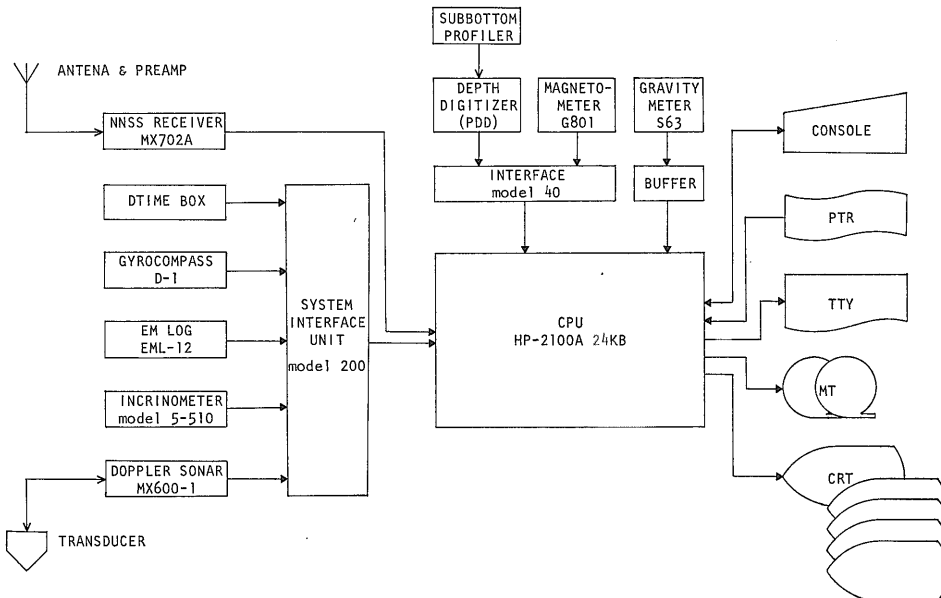


図1 NNSSブロック図

Type #	Name	Record length (byte)	Occurrence frequency or sampling rate	Data a day (KB)
type 1	Raw satellite data record	1392	20 - 30 /day	34
type 2	Satellite fix record	1392	20 - 30 /day	34
type 3	Shot record	400	30 s	1125
type 4	Initialization record	660	50 - 150 /day	65
type 5	Gravity record	236	30 s	664
Total				1922

表2  
DR ファイルのレコードの種類と概その量

ープで1巻程度 (9tr/800bpi) である。

NNSSで作られた磁気テープファイルはオフラインでもって船上処理装置により処理される。処理装置はミニコンピュータを中心とし それに結合している各種入出力装置とにより構成されている。図2に処理装置のブロック図を示す。装置の概要は中条<sup>(2)</sup> (1975) により述べられているので略す。

現在の OS (Operating System) は RTE-II を主とし その他 MTS (Magnetic Tape System) BCS (Basic Control System) そしてスタンドアロンな BASIC である。RTE-II (Real Time Excuting system II) はこの処理系の実時間 OS であり 磁気ディスク装置をベースとして 各種入出力動作の割込制御とバックグラウンド/フォアグラウンドの2面動作を可能にするジョブ制御およびファイル管理を中核とするシステムである。使用可能な言語は FORTRAN IV ALGOL それにアセンブラであり これらコンパイラ/アセンブラの出力はすべて同一様式の相対形式プログラムとなって 実行時ローダにより 必要ならば他のプログラムファイルとも結合されて 実行形式プログラムとなる。従ってプログラミングの際主要な手続きや処理はフォートランで記述し特種な処理はアセンブラで記述するということ

が簡単に出来る。

### 磁気テープファイル

データ集録装置 (NNSS) と処理装置上でデータはすべてファイルの概念でまとめられ取扱われる。ある種のファイルは磁気ディスクや内部記憶装置上にも作られるが 一般にファイルの物理的な形は磁気テープで与えられる。磁気テープファイルにはこれから述べる NNSS 上のファイル 保存用ファイルそして航海ファイル——各々 DR PR CR という略号で呼ばれる——の3種がある。図3は装置や処理に関連づけて各ファイルを見たものである。以下これらのファイルについて述べる。

各観測機器で発生したデータは前述のデータ集録装置 (NNSS) によりいったん磁気テープに記録される。ここでデータは初めて論理的構成をもったレコードの集合としてのファイルの扱いを受けることができるわけで我々はこの NNSS 上の磁気テープファイルを NS (Navigation System) ファイルあるいは DR (Dead Reckoning)

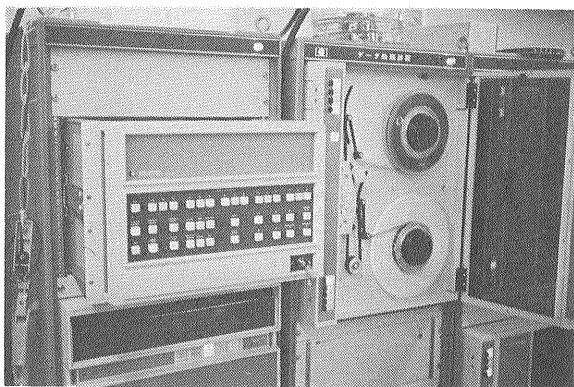


写真2 データ処理装置  
手前に見えるのが 中央処理装置 (ミニコンピュータ) その下に磁気ディスク装置がある。

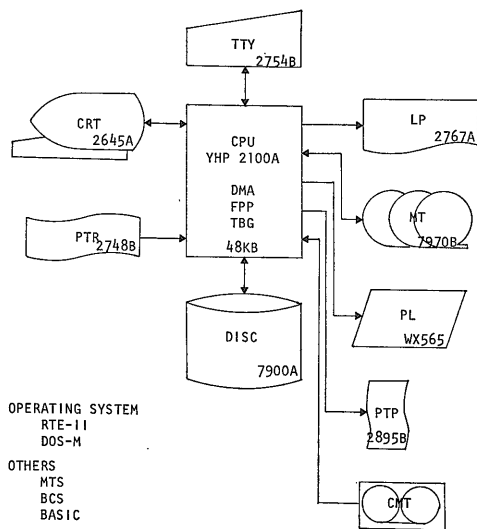


図2 データ処理装置ブロック図

ファイルと呼んでいる。DR というのは このファイルが実時間記録データの集合であり 特に位置データが数時間に1度の人工衛星測量により決定された位置の他はすべて推測航法 (dead reckoning) により得られるものであるからである。DR (あるいは NS) ファイルは一種のフィールドデータファイルであり その記録の欠点として

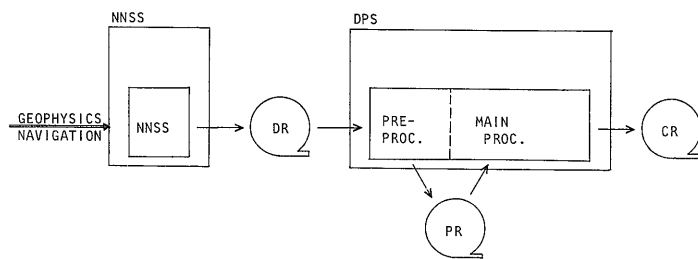
- i) レコード長が一定でない
- ii) エラー・レコードが存在する
- iii) エラー・データが存在する
- iv) 冗長な記録
- v) それに反して磁気異常値のような必要なデータが算出されていない
- vi) 事象発生順 (時間順) ではあるが等間隔データとは限らない
- vii) 位置は推測航法で得られたものである
- viii) 航海名等のサービス用インデックスが付いていない

等があげられる。これらの欠点の幾つかの結果としてテープ量が膨大な量になってしまう。ちなみに現在地質調査所では白嶺丸を年160日使用しているがそれによるDR ファイル量は600 feet 磁気テープで160巻/年である。陸上調査でもそうであるが海洋調査の場合特に調査費固定経費が高価なため同じ測線でもた観測というのはいたって少なく そのため一度得られたデータの寿命は何十年にもなり その間何百巻何千巻もの磁気テ

ープファイルの管理を行うのは大変な労力と空間を費やさねばならない。つぎにDR ファイルは論理的にも物理的にもすっきりしたレコード構成でなく データの参照が容易でない。これらの点を考慮して我々はDR ファイルから保存用ファイル (PR: Preserves) を作成しこれを保管の対象とするとともに各種処理の原データとしている。DR ファイルを直接処理の入力原データとするのではなく 前処理によりPR ファイルを作成することは次の意味からも都合がよい。即ち DR ファイルを出力する NNSS が改良変更された場合も前処理のわずかな変更で同一仕様の PR ファイルを作成すればよいのであって 本処理の変更はしなくてすむことになる。PR ファイルは前処理によってDR ファイルのデータ量が1/5 テープ量が1/8の量に圧縮されており約30日分の航海のデータが2,400 feet 磁気テープ (9 tr/800bpi) 1巻に納められるようになっている。

前処理で作成されたPR ファイルは本処理により位置の再計算 (あるいは post analysis とも呼ばれる: 石原<sup>(3)</sup> 1977) が行われ 重力異常値や磁気異常値等の有用な地球物理データが求められ 最後に航海ファイルとしてアクセスしやすい形で磁気テープに出力される。航海ファイル (CR: Cruise) は各航海ごとに1つずつ作成されこれが普通調査研究のためのデータファイルとなる。

表3はCR ファイルの仕様をまとめたもので 重力異常図や磁気異常図の作製 地下構造の解析等の研究や他機関とのデータ交換 (予定) はすべてこのCR ファイルで行われる。また CR ファイルは前述の用途の他 将



File name	DR (Dead Reckoning)	PR (PReserves)	CR (CRuise)
Magnetic tape	600 feet MT	2400 feet MT	2400 feet MT
Track/density	9 tr/800 bpi	9 tr/800 bpi	9 tr/800 bpi
File set*	non L multi V multi F	non L multi/single V multi F	non L single VF
Format	unformatted	unformatted	formatted
Code	-	-	ASC II/EBCDIC
Record	undefined	undefined	fixed
Length**	BLK=REC=236-1392 B	BLK=1024 B/REC=64-768 B	BLK=REC=120 B

図3 装置とファイル関連図  
 図中 DPS はデータ処理装置。 下に各ファイルの属性をまとめてある。

\*L:Label V:Volume F:File

\*\*BLK:Block length REC:RECORD length B:Byte

来予定している海域 (AR: Aria) ファイルあるいは海洋地球物理 (GR: Geophysical Research) データファイルそして海洋データベースのサブセットファイルとしても転用可能な位置を占めるものである。

CR ファイルは白嶺丸の各航海ごとに作成されその航海が終わった時点で完成される。しかも航海中は順次1〜2日遅れで作られるので航海中に調査済海域の重力異常等の検討や解析が可能となる。この意味でCRファイルは航海中は更新型ファイルであり航海が終了した時点で保存型ファイルとなる。

表3 CR ファイルの仕様

Magnetic tape	2400 feet
Track/density	9 tr/800 bpi
File set	non label, single volume file
Format	formatted record
Code	ASC II (EBCDIC)
Record	fixed length, no blocking
Length	BLK = REC = 120 byte
Definition	undefined

Item#	Mnemonic	Definition	Format	Address
1	ID	cruise identifier (GHxxx-an)	A8	1
2	YEAR	lower 2 digits of year	12	9
3	DAY	Julian day	13	11
4	MIN	time (min)	14	14
5	SEC	sec (sec)	12	18
6	LAT	latitude (deg;N=+, S=-)	F10.5	20
7	LON	longitude (deg;E=+, W=-)	F10.5	30
8	SPD	speed (kt)	F6.2	40
9	HDG	heading (deg;0-360)	F6.1	46
10	DEPTH	depth (m;vp=1500 m/s)	F6.0	52
11	GCNT	gravity count (count-base reading)	F7.1	58
12	FREE	free-air anomaly (mgal)	F6.1	65
13	BOUG1	Bouguer anomaly (mgal;d=2.67 g/cm <sup>3</sup> )	F6.1	71
14	BOUG2	Bouguer anomaly (mgal;d=2.00 g/cm <sup>3</sup> )	F6.1	77
15	TMAG	total magnetic field (gamma)	F6.0	83
16	AMAG	magnetic anomaly (gamma;TMAG-IGRF)	F6.0	89
17	SPACE	--- undefined ---	20X	95
18	QWORD	data quality word (octal coded)	16	115

Octal#	Bit#	Item	Remarks
1	1 <sup>+</sup>	OLD/NNSS	Position data are obtained from OMEGA, LORAN or DECCA
	2	DR/PA	Dead reckoning position
	3	FIX	Record just after position fix
2	4	Speed change	d(SPD)/dt GT* 2.5kt/5min or d(HDG)/dt GT 15°/5min
	5	Slow speed	SPD LT* 2.5kt
	6	Fast speed	SPD GT 15kt
3	7	No depth data	Bad data or out of range (10 to 12000 m)
	8	---	--- undefined ---
	9	---	--- undefined ---
4	10	No gravity data	Bad data or out of range (-3000 to 5000 count)
	11	No free-air anomaly data	Bit 10 or bit 16
	12	No Bouguer anomaly data	Bit 7 or bit 11
5	13	No magnetic data	Bad data or out of range (25000 to 70000 gamma)
	14	No magnetic anomaly data	Bit 13 or bit 16
	15	---	--- undefined ---
6	16	No positioning data	Bad position data

\*GT:greater than LT:less than

+Bit# 1 corresponds to LSB (Least significant bit).

航海ファイルの仕様とその属性 付表はデータ QWORD の内容の意味

### 航海ファイル用サービスルーチン

磁気テープファイル 特にCRファイルは論理的にすっきりした構造で参照が容易ではあるがそのままではデータを見ることが出来ない。このために特にCRファイル用に標準の出カルーチンが処理装置に用意されている。出力装置は主にXYプロッターとラインプリンタで出力形式はマップ(航跡図や異常値を白地図上に描いたもの)やリストである。図4はこれらサービスルーチンのいくつかによる出力例である。これらはファイルに付属したドキュメントとして航海中あるいは航海後利用される。

### あとがき

地質調査船「白嶺丸」における海洋地球物理データとそのファイルを簡単に述べた。ここでのデータとその集合体であるファイルはすべて白嶺丸航海中にNNSSと船上データ処理装置により作成されている。特に航海ファイルを作成し結果を出力するデータ処理装置は現在その能力の限りが使用されている状態で今後処理能力の向上特に記憶容量と磁気ディスク容量の大幅な増加が望まれる。同時に陸上施設でのこれらファイルの支援体制の存在が望ましい。航海ファイルの次の段階として考えられる海洋地球物理データファイルシステムや海洋データベースシステムには陸上の専門設備が不可欠となるであろう。

著者はデータの単なる集まりとファイルそしてデータベースというものを研究手段の面で図5のように見ている。ここで

$$\text{成 果} = \int p \, d\epsilon$$

$$\text{仕 事} = p$$

$$\text{困 難 性} = \frac{dp}{d\epsilon}$$

即ちデータが単なる集まりとしてある場合準備に要するエネルギーは無いが研究開始時の困難性は大きくまたデータを参照する労力も大きい。それに対しデータベースの場合初期投資としての仕事は大変であるが個々の研究でのデータの参照は簡単となり仕事の展開も早い。いかながなものであろうか。

保存用ファイルや航海ファイル仕様ができれば上るまでは海洋地質部海洋物理探査課の多くの人々の討論があった。またファイル処理のプログラム作成にも幾多の人々が参加したことを付記する。

引用文献

- (1) 中条純輔・石原丈実・村上文敏(1977)：人工衛星測量による船位測定とデータ集録 調査所月報 28 69-102.
- (2) 中条純輔 (1975)：白嶺丸の情報処理装置 地質ニュース No. 253 1-10.
- (3) 石原丈実(1977)：人工衛星測位装置 (NNSS) による位置測定 地質ニュース No. 280 30-35

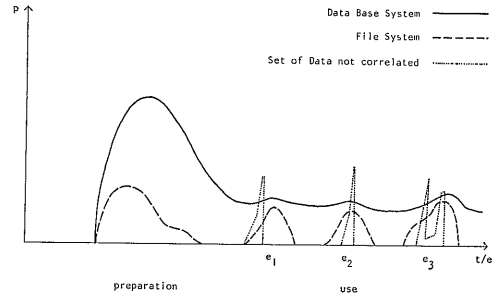
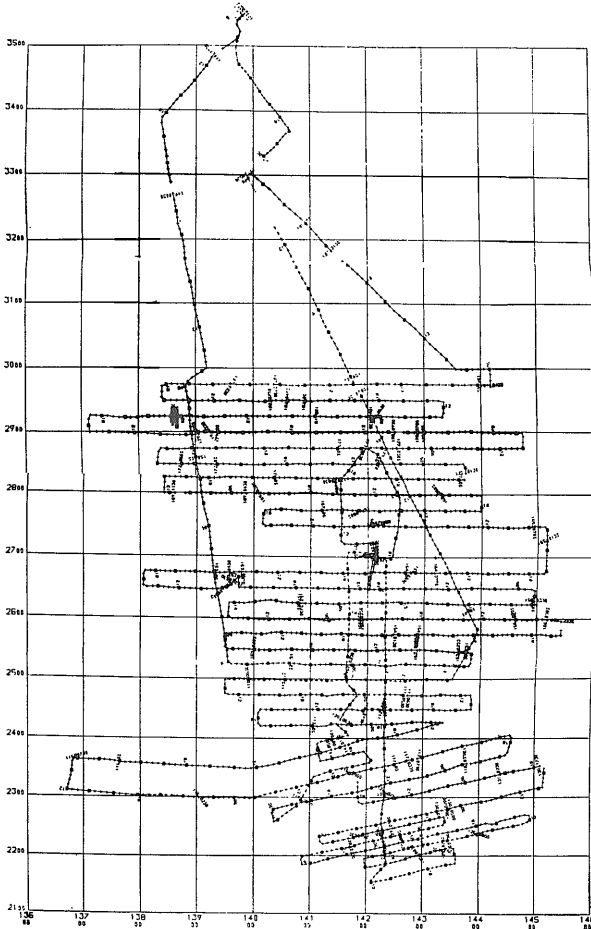


図5 データマネジメント効率図

図4-1

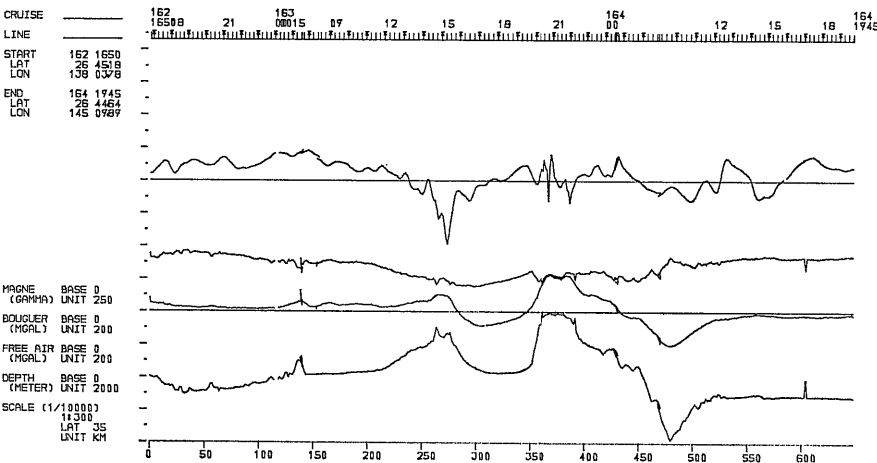


図4-2

- 図4 CRファイル標準出力例
- (1) 航跡図 GH-792・3 航海の航跡 27°N142°E 付近が父島 ワク外上方には東京湾内を航行しているようすが見てとれる。
  - (2) プロファイル GH 793 航海での測線例 父島の南およそ 40km 26°45'N に沿う東西測線 プロファイルは上から 磁気異常・ブーグ重力異常・フリーエア重力異常・海底地形の順である 左側の1目盛が各250γ・200mgal・200mgal・2,000mに相当する 重力と水深のベースラインは共通である 上の目盛は日付と時刻(UT) 下は距離(km) 图中140km 付近 420km 付近および460km 付近でプロファイルの重なりが見えるのは採泥作業のため また600km での水深データは誤りである