

2021 年 5 月改訂

深海巡航探査機「うらしま」 利用の手引き

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

目 次

1. はじめに	・・・ 2
2. システムの特徴	・・・ 2
(1) 一般要目	・・・ 2
(2) 潜航時間	・・・ 2
3. 調査機器の搭載	・・・ 3
(1) ペイロード重量等	・・・ 3
(2) 機体外部への搭載	・・・ 3
(3) ペイロードと「うらしま」の接続	・・・ 4
(4) ペイロードへ供給できる電源	・・・ 4
(5) 記録装置	・・・ 4
(6) 保護装置	・・・ 4
(7) ペイロードの持ち込み期限	・・・ 4
4. 潜航計画	・・・ 4
(1) 行動の概要	・・・ 4
(2) 針路制御	・・・ 5
(3) 深度・高度制御	・・・ 5
(4) 測線間隔	・・・ 5
(5) 夜間潜航	・・・ 6
(6) 運航に関する諸注意	・・・ 6
5. 「うらしま」で取得したデータ	・・・ 7
6. 搭載機器	・・・ 7
別紙第1 ペイロードへの出力	・・・ 8
別紙第2 Wayline2 を用いた航走計画の立て方	・・・ 14
別紙第3 利用者への提供データ	・・・ 16
別紙第4 各機器の処理・描画ソフトウェア	・・・ 17
別紙第5 主な搭載機器一覧	・・・ 18
別紙第6 搭載機器配置図	・・・ 19

1. はじめに

深海巡航探査機「うらしま」は、最大潜航深度 3,500m までの探査が可能な自律式無人探査機で、ケーブルで支援船と結ばれないため、安定した姿勢で海底に接近し水中航走することが可能です。「うらしま」による調査研究作業を成功させるには、利用者が本システムの持つ能力とその性能を十分理解しておくことが大切です。「うらしま」の利用に当たっては、この「利用の手引」を熟読し、実施する研究計画の詳細について事前に海洋研究開発機構（JAMSTEC）船舶運用グループ担当者と打ち合わせを行ってください。

なお、本書の内容は作成時点における「うらしま」の状態を基にした手引きであり、機器、オペレーション要領などの変更により、実際と異なる場合があります。ご不明な点は下記お問い合わせ先にご連絡ください。

【お問い合わせ先】

国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）

研究プラットフォーム運用開発部門 運用部 船舶運用グループ

住所： 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町 2-15

TEL： 046-867-9977 FAX： 046-867-9215

E-mail： mare3-fleetops@jamstec.go.jp

2. システムの特徴

（1）一般要目

- | | |
|-----------|-----------|
| 1) 全長 | : 10.7m |
| 2) 幅 | : 1.3m |
| 3) 全高 | : 1.5m |
| 4) 空中重量 | : 7.5 トン |
| 5) 最大潜航深度 | : 3,500m |
| 6) 最低潜航深度 | : 700m |
| 7) 水中速力 | : 0～2.5kt |

（2）潜航時間

通常の運用時間は、日中（日出から日没まで）の潜航を標準としますが、夜間潜航を実施することも可能です。夜間潜航の詳細については、「4. 潜航計画(5)夜間潜航」（6 ページ）の通りです。潜航深度により下降・上昇に要する時間は変化します。潜入速度は約 35m/分、浮上速度は約 60m/分です。一日のタイムスケジュールはおおむね下記表のようになります。

潜航深度 3,500m の場合

	所要時間
プレダイブチェック	1.0 時間
着水	0.5 時間
下降	1.5 時間
調査	6.0 時間
上昇	1.0 時間
揚収	0.5 時間
合計	10.5 時間

	時刻
プレダイブチェック開始	07:00
着水	08:30
浮上開始	16:00
浮上	17:00
揚収完了	17:30

3. 調査機器の搭載

利用者の持ち込み調査機器（以下、「ペイロード」という。）は、取り付け、配線にかかわる準備作業が必要です。ペイロードを製作する前の早い段階で空中重量、水中重量、寸法及び図面等の案を船舶運用グループ担当者へお知らせください。

（1）ペイロード重量等

機体内部に、利用者の持ち込み機器を搭載できるペイロード区画があります。下記表にペイロード区画の容量とペイロードの水中重量を示します。空中重量及び水中重量は機体の質量と浮力の調整に不可欠な数値ですから事前に申告していただきます。ペイロードを製作する前に、「うらしま」のペイロード区画を参考に、担当者と打ち合わせを実施してください。ペイロードは容積が許す範囲で浮力材等により必ず下表水中重量以下で製作してください。

	前部ペイロード区画	後部ペイロード区画
重量	水中重量：33kg	水中重量：30kg
ペイロード区画 (幅×奥行×高さ)	76cm×90cm×110cm	110cm×50cm×40cm

（2）機体外部への搭載

機体外部への調査機器を取り付けは、安全上及び機体の運動特性が変化するため、原則としておこないませんが、やむを得ず取り付ける場合には、水の抵抗を減らす形状とし、なるべく機体に、貼り付けるように搭載します。搭載の可否について船舶運用グループ担当者が事前に海洋研究開発機構の了承を得る手続きとなっておりますので、できる限り早い段階で、

船舶運用グループ担当者へご相談ください。

(3) ペイロードと「うらしま」の接続

- 1) 利用者の持ち込み機器は、「うらしま」制御装置と接続し、電力供給とナビゲーションデータ等を受信することができます。詳細は別紙第1のとおりです。
- 2) ペイロードの電子機器は、筐体から直流的に絶縁してください。
- 3) ペイロード電線は利用者側で用意してください。ペイロード電線は最短で2mが必要となりますがペイロードの搭載場所によって必要な電線長が変わりますので、あらかじめ船舶運用グループ担当者へお問い合わせください。

(4) ペイロードへ供給できる電源

ペイロードへ供給できる電源は DC24V、200W です。大電力を消費するペイロードは、「うらしま」の制御機器に重大な影響を与える可能性がありますので、200W 以内として下さい。

(5) 記録装置

ペイロード装置のデータ収録は、「うらしま」側ではできません。収録が必要な場合はペイロード側に設けて下さい。

(6) 保護装置

電源を有するペイロードには必ず保護ヒューズを挿入してください。また、機器の GND を耐圧容器やフレームに落とさないでください。電気ノイズが海中から耐圧容器を伝わり、機器の誤動作につながります。

(7) ペイロードの持ち込み期限

ペイロードは、指定された日時までに「うらしま」への搭載を完了できるようにして下さい。また、事前に搭載し、浮量調整等確認を行うことができますので製作納期等余裕をもった計画をお願いします。

4. 潜航計画

(1) 行動の概要

支援母船「よこすか」は、遠洋国際の航行資格を有していますので、「うらしま」は国内外を問わず、水深 3,500m までの海域での潜航作業が可能です。

ただし、遠洋区域においては、他国の領海や EEZ など国交に関する海域においては、潜航できない海域があります。

他国への申請手続きに日数を要することから事前に船舶運用グループ担当者へご連絡ください。

(2) 針路制御

プログラム航走には、以下の3通りがあります。プログラムの変更は「うらしま」潜航中でも可能です。

1) Waypoint

1 点の緯度・経度を指定すると、その点に向かって航走する。

2) Wayline

2 点の緯度・経度を指定すると、2 点間の直線上を航走する。

3) Wayline2

2 点の緯度・経度を指定し、かつ、測線数、測線間距離、コピーする測線角度を指定することで測線上を往復しながら航走します。通常、地形データを取得する際は、この Wayline2 を用います。

Wayline2 を用いた航走計画の立案の詳細を別紙第 2 に示します。

(3) 深度・高度制御

「うらしま」は、一定の深度で航走する深度制御と海底から一定の距離を保ち海底に沿って航走する高度制御があります。

1) 深度制御は一定の深度でまっすぐ航走するので機体が安定しており、良質な地形データ収録が可能です。

ただし、起伏がある地形では高度によって探査幅が変化するため、取得できない部分が生じます。

2) 高度制御は地形に沿って、一定高度で航走するため、音波の照射領域が均一になり、その結果、均一の水平分解能で地形データの収録ができるという特徴がありますが、起伏の大きな地形の場合、機体のピッチ角が地形に合わせて変動するため、深度制御に比べて、良質な地形データ収録は難しくなります。

なお、傾斜が 15° を超えるような起伏の大きい地形では、「うらしま」の海底接触を回避するため高度制御から深度制御に切り換えることがあります。また、現在、高度制御は高度 80m で実施しております。

3) 深度制御、高度制御共に、例えば右舷の地形が低く、左舷の地形が高くなっている場合、右舷の探査幅は左舷よりも狭くなります。

4) 海底の起伏によっては、運航長の判断により航走を一時中止し、安全な高度まで退避します。

(4) 測線間隔

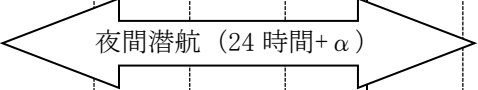
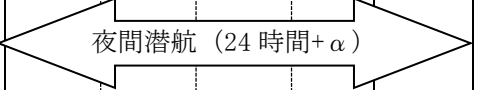
海底からの高度値によってマルチビーム音響測深機（以下、「MBES」と言う。）及びサイドスキャンソナー（以下、「SSS」と言う。）の設定値が決まります。高度が決まれば、MBES 及び SSS のスラントレンジ値、スワス幅が決まり、スワス幅が決まれば、測線間隔が決まります。

現在、高度については 80m で航走しております。高度、スラントレンジ値、スワス幅及び測線間隔の関係を下表に示します。

高度	MBES (400kHz)		SSS		測線間隔
	スラントレンジ	スワス幅 (両舷)	スラントレンジ	スワス幅 (両舷)	
80m	200m	160m	300m	440m	160m

(5) 夜間潜航

夜間潜航とは、日中の調査潜航に引き続き、夜間においても調査潜航を続行すること及び日中の潜航開始時間を夕刻にずらして潜航し、深夜にかけて潜航調査することです。通常の潜航体制と異なりますので、事前にご相談ください。以下に留意点を示します。

1 日目				2 日目				3 日目				4 日目
08:00	12:00	17:00	0:00	08:00	12:00	17:00	0:00	08:00	12:00	17:00	0:00	08:00
												

- 1) 原則として、揚収は日出後とし、夜間に着水・揚収作業は行いません。
- 2) 日没前に着水（潜航開始）し、日出後に浮上します。
- 3) 夜間潜航を実施した場合、揚収完了から次回作業開始まで、電池の充電及び人の休息のため、半日程度（12 時間程）空けます。作業開始には入港作業、入港後の艀装解除も含まれます。（ただし、船長と運航長との協議において、可能と思われる場合はこの限りではありません。）
- 4) 夜間潜航を実施した時は、揚収後の昼間の作業を制限します。
- 5) 輻輳海域や、航路上での夜間潜航は実施しません。また、海況等事前に判断し、荒天が見込まれる場合も実施しません。
- 6) 夜間潜航の潜航回数も、昼間の潜航と同じ1潜航とカウントします。
- 7) 夜間潜航の潜航時間は24時間+ α で、ペイロード、速力及び電池の状態などにより α の時間は変わります。

(6) 運航に関する諸注意

- 1) 「うらしま」と「しんかい6500」は、支援母船「よこすか」に同時搭載することはできません。同時運用はできません。同時搭載する場合、「しんかい 6500」から「うらしま」へ、またその逆の場合も、着水揚収装置の艀装換えが必要になります。艀装換えには岸壁に着岸する必要があります、

- 1) 日の作業時間が必要です。同時搭載を行う場合は、航海スケジュールの策定時にこの日数について配慮してください。
- 2) 連続して潜航できる日数は最大5日間です。5日間続けて潜航する場合は計画上、機械に必要であるため1日の非潜航日（整備日）を設けます。ただし、実際の航海での整備日の設定については、母船船長、運航長及び首席研究者の協議によって決定されます。
- 3) なお、上記（5日間の潜航後に1日）に加えて、労務管理の観点から必要に応じて非潜航日を設けます。
- 4) 海象がシーステート 3 以上の場合は、潜航を中止いたします。また、悪天候ならびに作業に危険が伴う、あるいはそのような海象に変化することが予想される場合には、船長及び運航長の判断により潜航が中止される場合もあります。
- 5) 海底ケーブル近傍における調査においては、別添の「海底ケーブル近傍 における調査・作業にかかわる安全基準」に従って潜航します。
- 6) 調査海域に障害物の存在が確認されている場合、安全基準に従って潜航禁止範囲を定め航行させます。
- 7) 最浅潜航深度は、故障等により、意図せずに浮上を開始した場合の母船回避行動に必要な時間を 15 分～20 分とし、上昇速度 50m/分位(潜航状態で変動する±20m/分)により $500\text{m} + \alpha$ で約 700mとしています。

その他、潜航の安全性確保が困難であると判断された場合、船長及び運航長の判断により潜航を中止することがあります。

5. 「うらしま」で取得したデータ

「うらしま」で取得したデータは揚収完了後、「うらしま」からデータを吸い出し、約2時間程度で利用者にお渡しすることができます。お渡しできるデータは別紙第3のとおりです。

なお、データの処理・解析は利用者側でお願いします。処理・解析に必要なパソコン、ソフトウェアは航海中、「よこすか」の総合指令室に用意しております。各機器の処理・描画ソフトウェアを別紙第4に示します。

6. 搭載機器

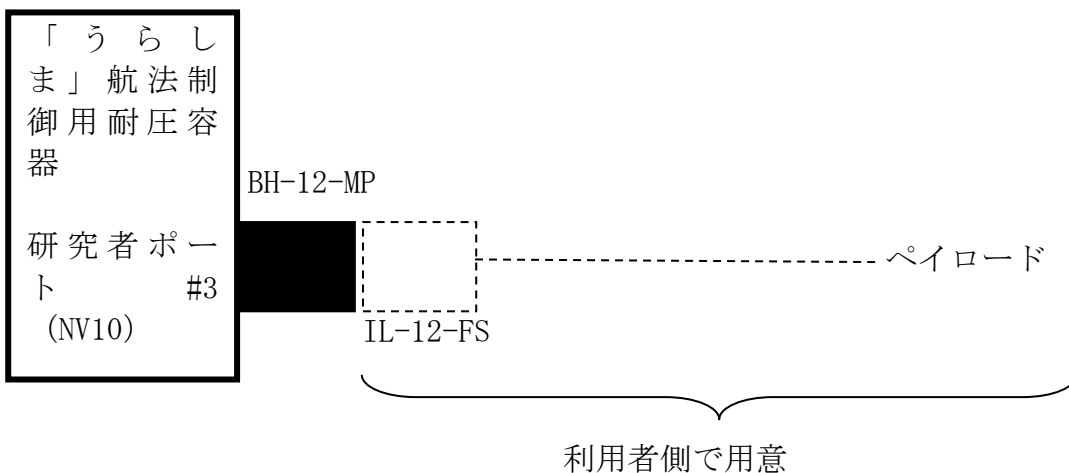
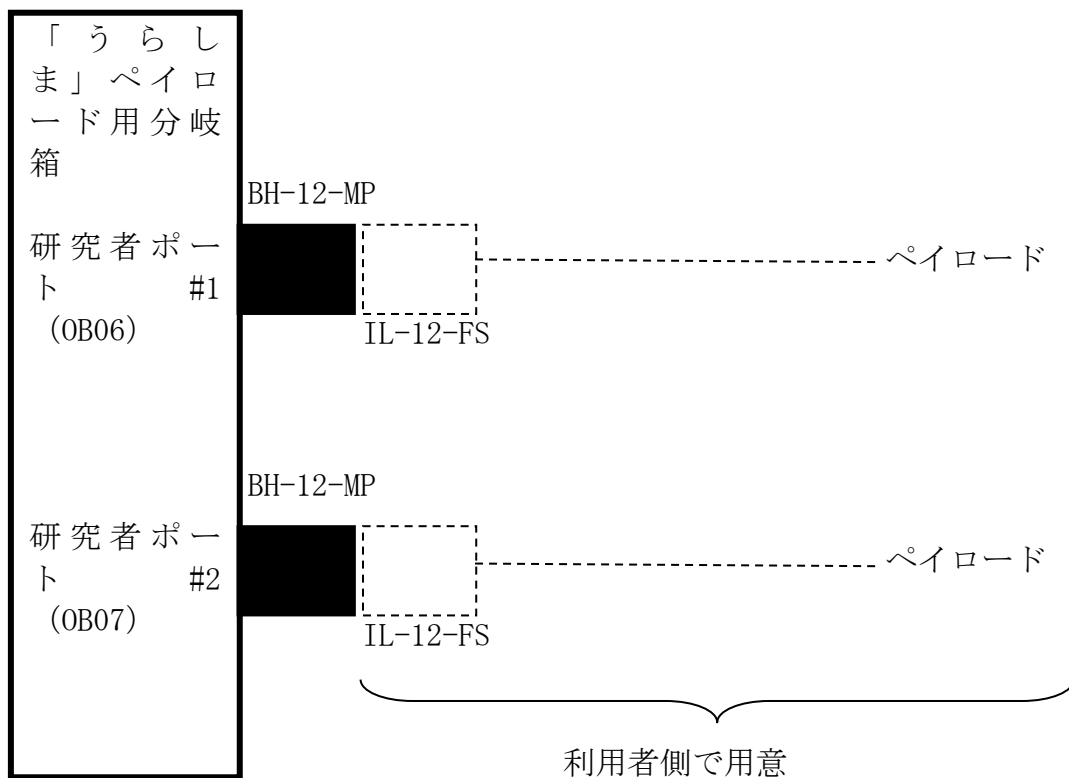
主な搭載機器の一覧を別紙第5に示します。また、搭載機器の配置図を別紙第6に示します。

なお、MBES、SSS 及び SBP は同時に作動させてデータを取得できます。

ペイロードへの出力

1. ペイロード用コネクタ

使用コネクタ BH-12-MP (Impulse 社) ×3 個



2. ピンアサイン（「うらしま」から見たピンアサイン）

	信号名称		
ピン番号	研究者ポート#1 (OB06)	研究者ポート#2 (OB07)	研究者ポート#3 (NV10)
1	DC +24V	DC +24V	DC +24V
2	Power GND	Power GND	Power GND
3	DC +24V	DC +24V	DC +24V
4	Power GND	Power GND	Power GND
5	1PPS (Signal)	1PPS (Signal)	
6	1PPS (GND)	1PPS (GND)	
7	TXD (NMEA)	TXD (コマンド)	TXD (NaviData)
8	DTR (NMEA)	DTR (コマンド)	
9	RXD (NMEA)	RXD (コマンド)	
10	GND (音響同期パルス)	GND (NMEA)	
11	GND (NMEA)	GND (コマンド)	GND (NaviData)
12	音響同期パルス	TXD (NMEA)	

3. 「うらしま」からペイロードへ出力するデータの仕様

「うらしま」には、利用者の持ち込み機器に対し、電力供給とナビゲーションデータ等を供給するためのポートを3系統用意しています。各ポートにより出力内容に違いがあり、その違いを下表にまとめます。

名称	入出力	内容	特長
研究者ポート#1	NMEA 出力	時刻 位置データ 姿勢データ ヘディング 深度 高度 速力	時刻基準出力 NMEA 標準フォーマット 音響同期パルス 1PPS 出力 ポ ー レ ー ト : 19,200bps
研究者ポート#2	コマンド入出力	船上との通信	船上とペイロードとの 双方向通信が可能
	NMEA 出力	時刻 位置データ	研究者ポート#1の NMEA 出力と同じ

		姿勢データ ヘディング 深度 高度 速力	
研究者ポート#3	ナビゲーション データ出力	時刻 位置データ 姿勢データ ヘディング 深度 高度	INS のデータを遅延な く出力 独自固定フォーマット ボ ー レ ー ト : 8,400bps

(1) 研究者ポート#1 (0B06)

研究者ポート#1はナビゲーションデータ (NMEA) と音響同期パルスを出力できるポートです。

1) ナビゲーションデータ (NMEA)

研究者ポート#1の7番ピン (TXD) から「うらしま」のナビゲーションデータを出力しています。データフォーマットは下表のとおりです。

No	データ名	記録形式	出力レート
1	時刻 (UTC)	NMEA 出力	1Hz 出力
2	緯度	NMEA 出力	1Hz 出力
3	経度	NMEA 出力	1Hz 出力
4	深度 (深度計1)	NMEA 出力	1Hz 出力
5	高度 (DVL)	NMEA 出力	1Hz 出力
6	ロール	NMEA 出力	10Hz 出力
7	ピッチ	NMEA 出力	10Hz 出力
8	方位角 (ヨー)	NMEA 出力	10Hz 出力
9	速力 (INS 前後速度)	NMEA 出力	1Hz 出力

ボーレート : 19,200bps

2) 音響同期パルス

研究者ポート#1の10番及び12番ピンから、トリガー信号を出すことができます。外部トリガーにてペイロードを音響発信させたい場合に用いることができます。

- 1) 設定できる項目 : 発信間隔 (ms) 及び delay (ms)
- 2) 出力方式 : オープンコレクタ出力

- 3) トリガ信号の出力を「うらしま」側でドライブするため、シュミットトリガーを入れてあります。

(2) 研究者ポート#2 (OB07)

研究者ポート#2はコマンドの入出力とナビゲーションデータ (NMEA) を出力できるポートです。

1) コマンド

研究者ポート#2の7番ピン9番ピン、11番ピンを用い、ペイロードに対しコマンドを送り、また、ペイロードからレスポンスを得ることができます。例えば、ペイロードには「記録開始」「発信開始」等のコマンドをダウンリンクで送ります。ペイロードからは「開始完了」「発信完了」等のデータをアップリンクで得ることができます。コマンド文字列は利用者側で作成してください。

なお、コマンドに関する規定は以下の通りです。

1 ダウンリンクコマンド

- i. コマンドはASCII文字列とすること。
- ii. コマンド文字列終端をLFでマーキングし、それ以外にはLFを含まないこと。
- iii. 終端のLFを含む20バイトまでの文字列とすること。

2 アップリンクデータ

通信速度を80バイト/10秒を超えないこと。

2) ナビゲーションデータ (NMEA)

研究者ポート#2の12番ピン (TXD) から「うらしま」のナビゲーションデータを出力しています。ナビゲーションデータ (NMEA) の仕様は研究者ポート#1と同じです。

(3) 研究者ポート#3 (NV10)

研究者ポート#3はINSのデータをできる限り遅延なく出力することを目的に設計したものです。データの出力基準はINSのデータ出力タイミングと同期しており、10Hzで出力しています。出力タイミングの精度を求めるペイロードの場合は、こちらのポートをお使い下さい。

出力データはNMEAに似たカンマ区切りの文字列として送られ、信号レベルはRS-232Cです。データフォーマットは下表のとおりです。

No	データ名	出力レート
1	ヘッダ	10Hz 出力
2	日付	
3	時刻 (U T C)	
4	緯度	
5	経度	
6	方位角 (ヨー)	
7	ロール	
8	ピッチ	
9	深度 (深度計 1)	
10	高度 (DVL)	

ボーレート : 38,400bps

Wayline2 を用いた航走計画の立て方

Wayline2 を用いた航走計画を立てる場合、下記の点を考慮し、時間、針路等を計画してください。

1. ポジションアップ

測線に入る前に「うらしま」を停止させ、「ポジションアップ」を行います。これは母船で音響測位した「うらしま」の位置データを、音響通信により「うらしま」に伝送し、慣性航法装置の位置情報を修正します。海面から海底までの下降中は、最も慣性航法装置に誤差が蓄積されるため、海底付近に接近後、ポジションアップを実施し位置を修正します。

ポジションアップに要する時間は、「うらしま」を停止させるのに5分、ポジションアップを実施し目標のスピードに到達するのに5分、合計10分程度要します。（海底の状況やビークルのコンディションによってポジションアップに要する時間は変化します。）

2. 速力

1 測線を航走する速力は 3.0kt 程度です。潮の流れやペイロードにより変化します。1 測線が 2nm だと、1 測線を走るのに

$2\text{nm} \div 2.5\text{kt} \times 60 \text{ 分} = \text{約 } 50 \text{ 分}$
かかります。

3. 測線間隔

「うらしま」の旋回半径は 2.5kt で約 60m です。このため、測線間隔は 120m 以上とするのが効率的です。120m の旋回に要する時間は約 3 分です。

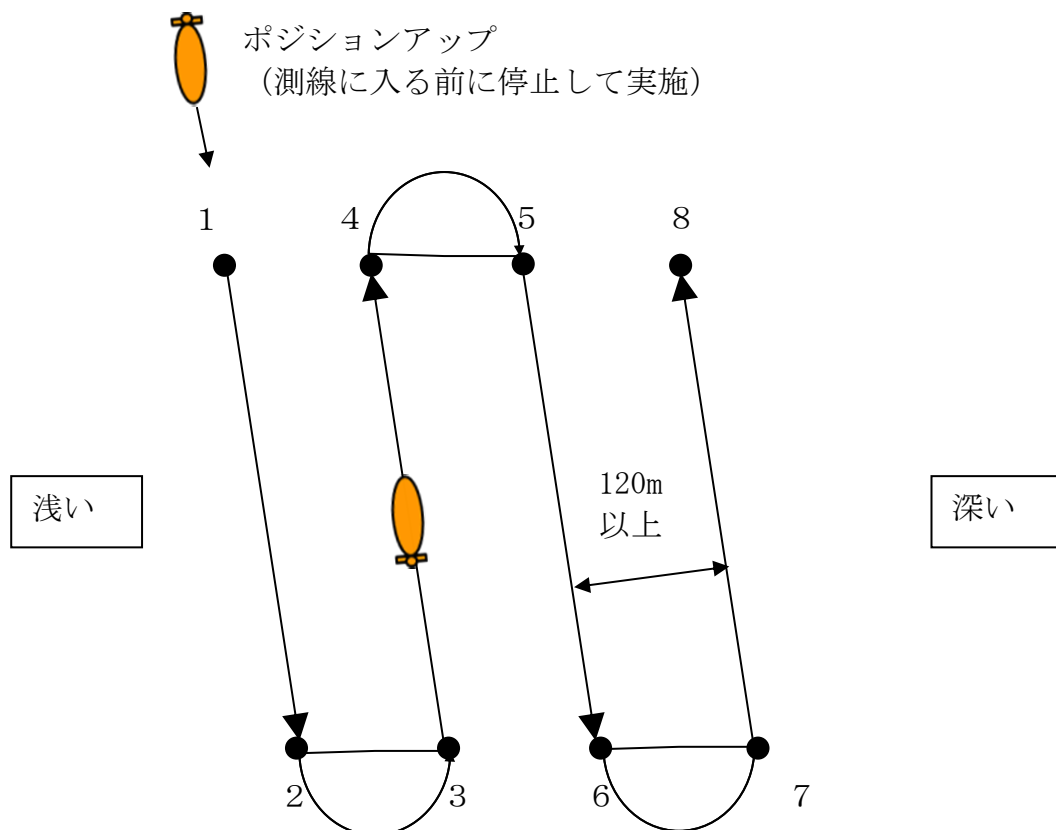
測線間隔を狭めることは可能ですが、旋回半径 60m で旋回し、測線を割り込みながら徐々に針路を修正していくため、非効率的となります。

4. 測線への入り方

「うらしま」は旋回した際、海底との衝突を避けるため、通常、急な斜面（15° 以上）においては浅い方から深い方へ等深線に沿って航走させます。このため、下図のように左が浅く、右が深い場合には、1 番から入り 8 番で抜けるような航走をさせます。（もしくは 2 番から入り、7 番で抜ける。）

5. 航走時間

下図の例ですと、測線を終了するのに必要な時間は、測線が4本、旋回が3回で、2.5kt の速力で航走したとすると、
 $(40 \text{ 分} \times 4 \text{ 本}) + (3 \text{ 分} \times 3 \text{ 回}) = 169 \text{ 分}$
 となります。



利用者への提供データ

番号	データ名	記録形式	記録レート
1	現時刻（日本時間）	CSV	1Hz
2	緯度	CSV	
3	経度	CSV	
4	深度	CSV	
5	高度(速度検出器の高度)	CSV	
6	ロール角	CSV	
7	ピッチ角	CSV	
8	方位角	CSV	
9	CTD 深度	CSV	
10	CTD 圧力	CSV	
11	CTD 温度	CSV	
12	CTD 電気伝導度	CSV	
13	INS 前後速度	CSV	
14	MBES	「.s7k」 RESON SEABAT 標準フォーマット	—
15	SSS	「.jsf」 Edgetech 標準フォーマット	—
16	SBP	「.jsf」 Edgetech 標準フォーマット	—
17	音響測位データ（XY 座標）	「.list」ファイル	—
18	イベントリスト	「.list」ファイル	—
19	航跡図	「.pdf」ファイル	—

1 回の潜航で MBES は約 35GB、SSS 及び SBP は約 10GB 記録します。

各機器の処理・描画ソフトウェア

RESON社製SeaBat7125

マルチナロービーム音響測深機 (*s7kフォーマット)

CARISソフトウェア (Ver. 7.0)
Bathymetryデータ処理・描画
Sidescanモザイク処理・描画

EdgeTech社製2200-M サイドスキャンソナー

及びサブボトムプロファイラー (*jsfフォーマット)

SonarWiz-Mapソフトウェア (Ver. 5.0)
Sidescanモザイク処理・描画
Sub-bottomデータ表示

主な搭載機器一覧

機器（機器名/メーカー）	仕様			備考
MBES (SeaBat7125/ Teledyne RESON)	周波数	400 kHz	200kHz	潜航中に 400 kHz と 200kHz の同時発信はできません。潜航前にどちらかの周波数で実施するかを決めて潜航します。
	ビーム数	512 本	256 本	
	ビーム幅 (Along-track×Across-track)	1° × 0.54°	2.2° × 1.1°	
	探査幅	128 度（最大）	128 度（最大）	
	測定レンジ	～300m	～500m	
	垂直分解能	6mm	6mm	
	出力データフォーマット	*s7k フォーマット	*s7k フォーマット	
	処理ソフトウェア	CARIS Ver. 9	CARIS Ver. 9	*HYPACK 形式へ変換可能
SSS (2200-M/EdgeTech)	周波数	120 kHz (Full spectrum chirp)		
	ビーム幅 (Horizontal×Vertical)	0.9° × 60°		
	測定レンジ	25～300m		
	高度	～120m		
	垂直分解能	6.25cm		
	出力データフォーマット	*jsf フォーマット		*サブボトムデータと一緒に収録される。 *XTF 形式に変換可能
	処理ソフトウェア	SonarWiz7		

SBP (DW106/EdgeTech)	周波数	1～6kHz (Chirp)		
	ビーム幅	28～36°		
	垂直分解能	15～25cm		
	出力データフォーマット	*jsf フォーマット		*サイドスキャンデータと一緒に収録される。 *Segy 形式に変換可能
	処理ソフトウェア	SonarWiz7		
CTD (SBE49FastCAT/SeaBird Electronics)	出力データフォーマット	CSV 形式		
DVL (WHN300/Teledyne RD Instruments)	周波数	300kHz		
高度計 (1007Digital Altimeter/Kongsberg)	周波数	120kHz		測線に入る前に電源 OFF としている。
深度計 (8BT4000-I/Paroscientific)	精度	±0.01%FS		

