

**LiDAR センサー機器による  
うちあげ高観測マニュアル（案）**

令和8年7月

国土交通省 水管理・国土保全局 海岸室  
国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室

# 目次

第1章 本マニュアルの位置付け .....	1
1.1 本マニュアルの位置付けと前提条件 .....	1
1.2 本マニュアルの構成及び全体フロー .....	1
第2章 うちあげ高観測箇所 .....	3
2.1 うちあげ高観測箇所の選定 .....	3
第3章 うちあげ高観測に用いる機器 .....	5
3.1 うちあげ高観測機器の構成 .....	5
3.2 うちあげ高観測機器の選定 .....	6
3.2.1 LiDAR センサー機器 .....	7
3.2.2 データ収録処理装置（パソコン） .....	11
3.2.3 ネットワークスイッチングハブ .....	13
3.2.4 通信モジュール .....	13
3.2.5 その他 .....	14
Appendix1 ネットワークカメラ（Web カメラ） .....	15
Appendix2 無停電電源装置（UPS） .....	18
第4章 うちあげ高観測の事前準備 .....	20
4.1 データ収録処理装置の設定 .....	20
4.1.1 OS のインストール・設定 .....	20
4.1.2 アプリケーションのインストール・設定 .....	24
4.1.3 ネットワークの設定 .....	28
4.1.4 HDD マウント設定 .....	29
4.2 LiDAR センサー機器の設定 .....	30
4.3 LiDAR センサー機器のデータ取得プログラムの設定 .....	32
4.3.1 うちあげ高データ取得プログラムの設定 （LiDAR センサー機器と Web カメラを併用する場合） .....	32
4.3.2 うちあげ高データ取得プログラムの設定（LiDAR 単体の場合） .....	37
4.3.3 うちあげ高データ取得プログラムの自動起動設定 .....	40
4.4 その他の設定 .....	41
4.4.1 リモートメンテナンス機器及びソフトウェアの選定・設定 .....	41

第 5 章	うちあげ高観測機器の設置	44
5.1	うちあげ高観測機器の設置方法	44
5.1.1	既設電柱（CCTV 設置電柱等）に設置する方法	45
5.1.2	新たに観測柱を設置し、観測柱に設置する方法	45
5.2	標定点の設定と地理座標系の座標及び LiDAR センサー機器の座標の取得方法	47
5.2.1	標定点の設定及び現地における地理座標系の座標取得	48
5.2.2	標定点における LiDAR 座標の取得	49
5.3	標定点における地理座標系の座標及び LiDAR センサー機器の座標の関連付けのためのパラメータ推定	51
5.4	特定したパラメータの設定ファイルへの反映	54
第 6 章	うちあげ高観測データの解析と処理	58
6.1	うちあげ高データ解析プログラムと入出力ファイル	58
6.2	出力結果の詳細	62
第 7 章	うちあげ高観測機器の保守管理	63
7.1	観測機器全体の定期点検	63
7.2	LiDAR 観測機器のメンテナンス	63
巻末資料 1	検証時に用いたリモートメンテナンスソフトウェアの インストール及び設定手順（参考）	65
巻末資料 2	検証時に設置した観測柱の図面等（参考）	68

# 第1章 本マニュアルの位置付け

## 1.1 本マニュアルの位置付けと前提条件

本マニュアルは、LiDAR<sup>1</sup>センサー機器 を使って、高潮予報に係るうちあげ高を観測するための施設や機器の設置・調整と運用について、解説したマニュアルである。

うちあげ高観測は、過去にステップ式波高計や超音波式波高計、画像解析等による観測手法が検討されてきており、いずれの手法においても十分な精度のうちあげ高が計測あるいは算出可能であることが示されているが、機器及び設置に関するコストや設置条件の制限、画像処理に要する時間等に関する課題もあった。そこで、機器及び維持管理が安価かつ容易であり、台風時等の過酷な環境下での観測も可能な高い耐久性を有するうちあげ高観測手法が求められ、国土交通省が創設した「河川砂防技術研究開発制度」の中で、上記を満たすうちあげ高観測手法について研究が行われた。LiDAR センサー機器を用いたうちあげ高観測手法は、上記制度の中で開発された観測手法である。

本マニュアルで解説する LiDAR センサー機器は、技術開発時に用いられ、複数の海岸での検証実験も行った実績のある「Avia (Livox 社)」を使用することを前提としている。LiDAR センサー機器として上記以外の機器を選定することも可能である。その際は、観測データの検証や使用する機器仕様に応じた観測プログラム、解析・処理プログラムの新規作成等を伴うことに注意されたい。

## 1.2 本マニュアルの構成及び全体フロー

本マニュアルは、現場における LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測を実施するための作業手順を整理したものである。

第2章では、うちあげ高観測箇所の選定にあたって着目すべき点、注意すべき点を整理した。

第3章では、LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測に必要な各種機器及び全体構成について整理した。

第4章では、用意した各種機器の事前設定（うちあげ高観測機器を設置する前に事前に実施すべき設定）について手順を示すとともに、設定の確認方法についても整理

---

<sup>1</sup> Light Detection And Ranging の略で、レーザー光を照射し、反射光が返ってくるまでの時間を計測することで、対象物までの距離や形状、位置関係を精密に測定するセンサーである。

した。

第 5 章では、現地におけるうちあげ高観測機器の設置方法及び現地で取得すべきデータについて整理した。

第 6 章では、LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測で得られた点群データの処理方法及び解析方法について整理した。

第 7 章では、うちあげ高観測機器設置後に定期的な実施すべき保守管理について整理した。

図-1.1 に、本マニュアルで説明する全体フローを示す。

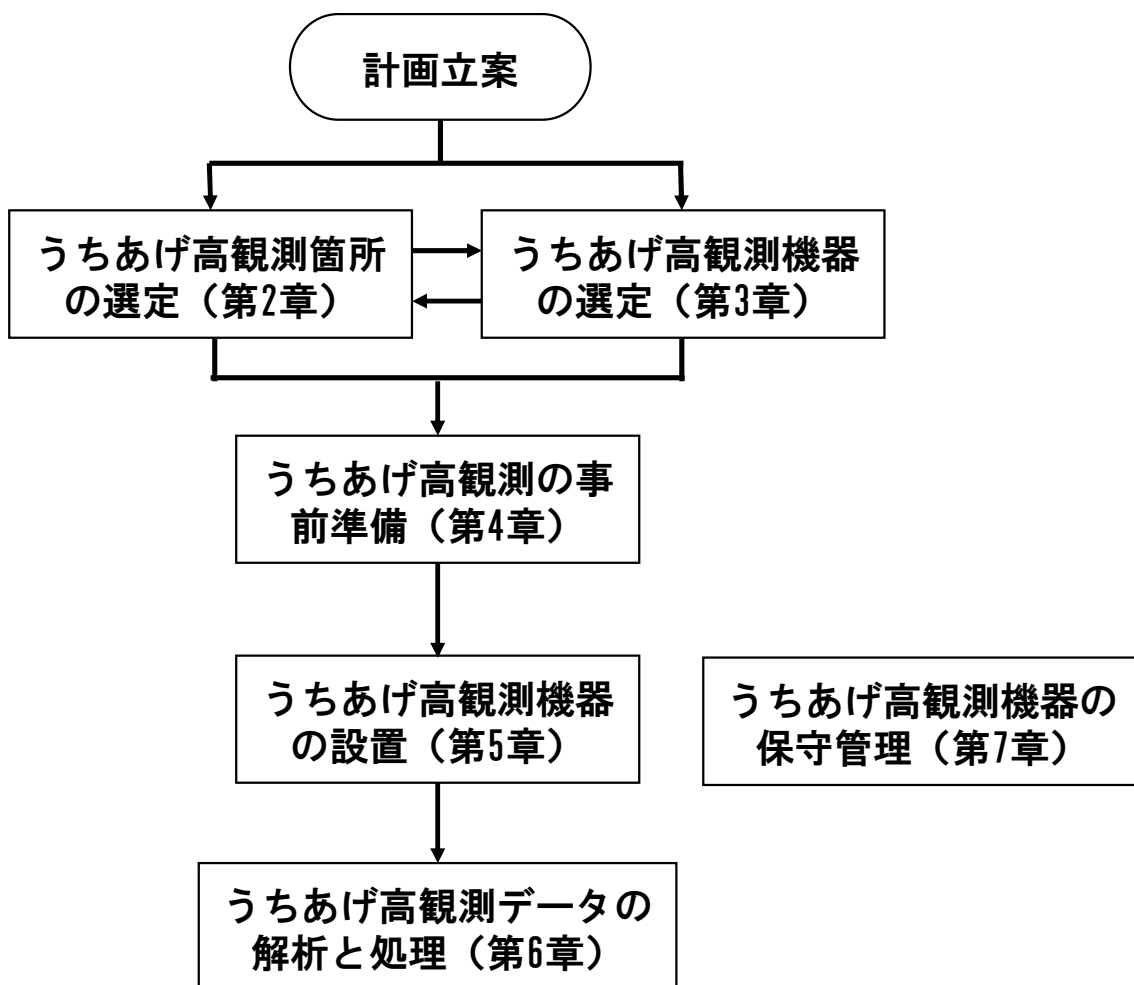


図-1.1 本マニュアルの全体フロー

## 第2章 うちあげ高観測箇所

### 2.1 うちあげ高観測箇所の選定

波のうちあげは、海底勾配や沖合海岸保全施設との位置関係によっても影響を受けるため、同じ海岸であっても沿岸方向に一定ではなく、うちあげ高の差が生じる。LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測は、定点観測であるステップ式波高計や超音波式波高計による観測とは異なり、上記に示した沿岸方向のうちあげ高の差を含めて、ある程度の幅を持った平面的な観測が可能であるため、面的にデータを取得した後、既往経験等を踏まえて最もうちあげが高くなる測線を改めて設定することも可能である。うちあげ高観測箇所の選定は、過去に確認された越波被害等の事例を基に検討することが適切であるが、主として、以下の条件を満たすところを検討した上で選定することとする。

- 高潮によって堤防を超える高波被害があった箇所。または、うちあげ高が最も高くなると想定される箇所
- うちあげ高の挙動を監視するために、汀線から天端を横から見下ろすことができること（**図-2.1** 参照）
- 支柱一定面積（機器設置ができる面積）の土地が使用できること
- 電源の確保が可能なこと
- モバイル通信が可能なこと

なお、うちあげ高観測箇所の選定にあたっては、観測機器設置方法も併せて検討するものとする。LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測の実績として、「CCTV カメラ等が設置されている既存の観測施設（電柱等）に追加設置する方法」、「新たに観測柱等を設置し、それらに取り付ける方法（5.1 参照）」の2通りでの検証が行われているが、いずれの方法でもうちあげ高が精度よく計測可能であった。



図-2.1 LiDAR センサー機器による観測画角の例

## 第3章 うちあげ高観測に用いる機器

### 3.1 うちあげ高観測機器の構成

LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測に用いる機器一式を表-3.1 に、それらを用いたシステム構成を図-3.1 に示す。なお、ネットワークカメラは、LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測において必須ではないものの、映像によるうちあげ高の実況監視や堤防の天端を超えた浸水の現認の際に非常に有用となるため、必要に応じてネットワークカメラの設置も検討することが望ましい。特に、防災情報発出等の基準となるような観測箇所においては、ネットワークカメラを併用した観測を前提として検討した方がよい。

表-3.1 うちあげ高観測のために手配する機器一覧

機材名		内容	掲載箇所
LiDAR センサー機器	Avia	レーザー光を照射することで物体（周囲の地形）までの距離や形状を高精度に測定する	3.2.1
	台座・取付け金具	観測施設に設置するため、台座及び画角調整可能な取付け金具を用意する	
データ収録処理装置（PC）		LiDAR で観測した点群データを保存し、保存した点群データを用いてうちあげ高諸元の計算を行う（必要に応じて、データ保存用のHDD の設置も検討する）	3.2.2
ディスプレイ		本来は不要だが、外部出力ポートに機器が接続されていない場合、リモートメンテナンス時に処理が遅延する事象が発生したこともあるため、外部出力インターフェースにミニディスプレイ等を常時接続しておいた方がよい	----
ネットワークスイッチングハブ		通信モジュールの LAN ポートが足りないときに LAN ポートを増設し、複数のネットワーク機器を LAN で接続する。LiDAR と Web カメラ2台を接続する際に必要となる（使用する機器によっては、PoE ポートが必要となる場合もある）	3.2.3
通信モジュール		データ送信、リモートメンテナンスを行う際に利用する	3.2.4

避雷器	落雷から機器を保護する	3.2.5
収納ボックス	センサー部以外の全機材を格納し、海水の飛沫等から保護する	3.2.5
ネットワークカメラ	ネットワークカメラの併用は必須ではないが、映像によるうちあげ高の実況監視や堤防の天端を超えた浸水の現認を行う。 また、LiDAR センサー機器との同期によって、LiDAR センサー機器で計測された最大うちあげ高の際の画像を保存する。	Appendix 1
無停電電源装置 (UPS)	瞬断や電圧変動などの電源トラブルが発生した際に、内蔵バッテリーから瞬時に電力を供給する	Appendix 2

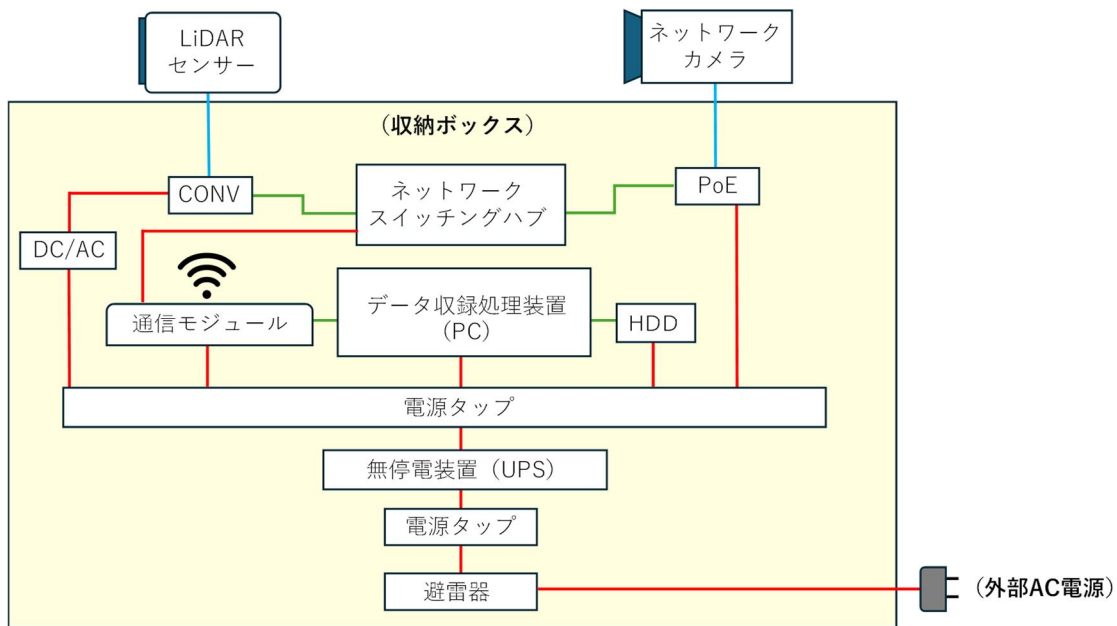


図-3.1 システム構成図

### 3.2 うちあげ高観測機器の選定

LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測を実施するために必要な要件、選定例を示す。4.3 節で後述する解析プログラムは、この節で示す LiDAR センサー機器、Web カメラを対象としたものであり、異なる機器を選定した場合は解析プログラムの修正を要する。その他の機器は、スペックを満たしていればメーカー、機種 of 制約はなく、

本節で示す 3D-LiDAR センサー機器でなく、2D-LiDAR センサー機器を用いてもデータの取得は可能である。但し、収納ボックスを支柱に取り付ける場合、収納ボックスが過大にならないこと、重量が重くなりすぎないことに注意が必要である。

### 3.2.1 LiDAR センサー機器

LiDAR センサー機器は、以下の仕様を確認し、観測箇所において必要な性能を満たす機器を選定する。なお、メーカーから示される最大測定距離や距離精度は、理想的な環境下での測定距離であり、現場に設置した際の測定距離とは異なることが想定されるため、現場で測定距離に関する試験確認を行った上で、使用する機器を決定する手順を踏んだ方がよい。

- 最大測定距離（設置箇所・うちあげ高観測箇所間の距離に関係）
- 距離精度（うちあげ高結果の信頼性に関係）
- 点群データレート（うちあげ高結果の信頼性に関係）
- 視野角（取得するデータの範囲に関係）
- 重量（機器を設置する施設の耐久計算に関係）
- 防塵防水機能（機器本体の耐久性に関係）

なお、参考として、本マニュアルで記載する開発・検証時に利用した LiDAR センサー機器（Livox Avia）の主な仕様（メーカー公表仕様）を表-3.2 に示す。ただし、海岸の現場において検証した際の最大測定距離は 40～50m 程度であった。

**表-3.2** 開発・検証時に利用した LiDAR センサー機器の仕様

最大測定距離	450m（現場における最大測定距離：40～50m）
距離精度	2cm
点群データレート	240,000
視野角	70 度
寸法	91×61.2×64.8 mm
重量	498g
防塵防水機能	IP67 相当

Livox Avia は、LiDAR センサー機器とコンバーター間を専用ケーブルで接続する。Livox のケーブルは 1m と 5m の長さのものが販売されており（社外製品であれば、15m 程度のケーブルも販売されている）、センサーと収納ボックス間の長さを勘案して複数のケーブルを接続して利用する。ただし、電圧降下のため最大 20m までという制

限があることに留意する必要がある。また、コンバーターに供給する電源アダプターも日本の電灯線にあったものを準備する必要がある。

台座や取付金具等は製品に付属していない場合が多いため、LiDAR センサー機器を観測柱に取り付ける場合、機器本体に合致した台座を別途準備する必要がある。なお、台座は現地において LiDAR センサー機器画角の上下左右の微調整ができるような構造にすることが望ましい。なお、台座の厚さが薄い場合は、熱変形によって LiDAR センサー機器の画角が変化してしまうこともあるため、台座の変形も考慮した上で構造の設計を行う必要がある。

参考までに、**図-3.2**～**図-3.5** に検証時に設計した台座・取付金具等の設計図を示す。

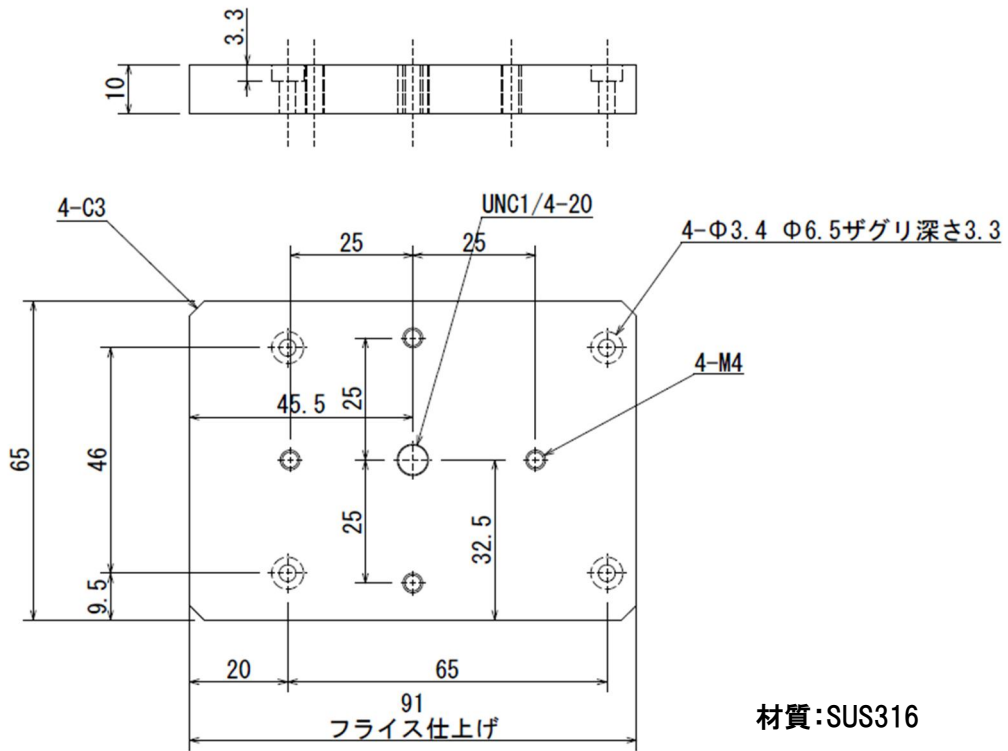


図-3.2 検証時に用いた LiDAR センサー機器の設置台座の設計図 (参考)

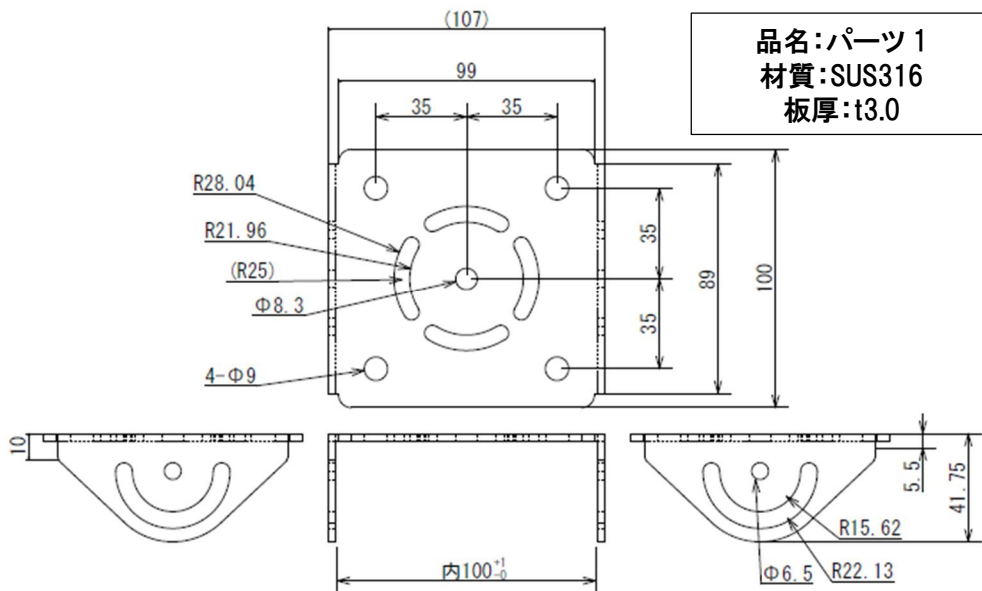


図-3.3 検証時に用いた LiDAR センサー機器の設置パーツ 1 の設計図 (参考)

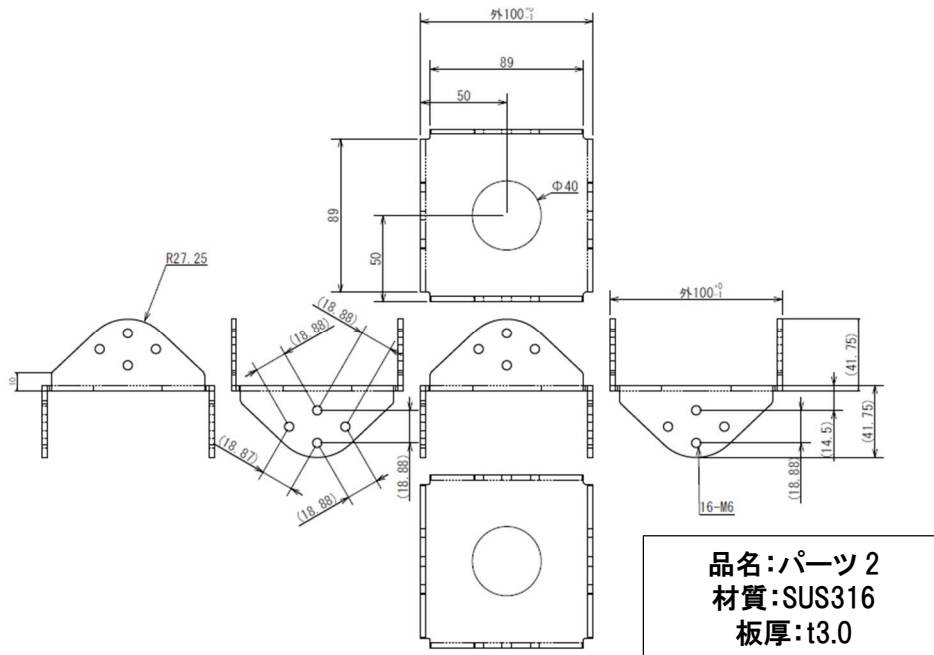


図-3.4 検証時に用いた LiDAR センサー機器の設置パーツ 2 の設計図 (参考)

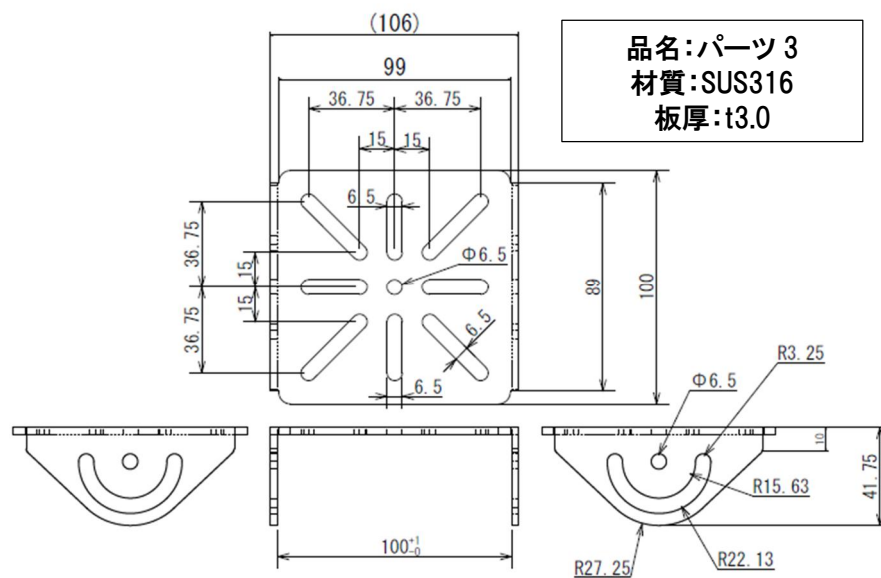


図-3.5 検証時に用いた LiDAR センサー機器の設置パーツ 3 の設計図 (参考)

※ 設置パーツ 1~3 は全てステンレスのねじで組み立てる構造

### 3.2.2 データ収録処理装置（パソコン）

データ収録処理装置（パソコン）は、LiDAR センサー機器により取得した点群データの格納及び有義波高の算出等の点群データの解析処理に用いる装置である。よって、以下の仕様を確認し、設置する機器や必要な接続等を考慮して、必要な性能を満たす機器を選定する。なお、本装置は収納 BOX 内に設置するため、小型かつ屋外でも安定して動作するものを選定する。

- OS（解析プログラムの動作に関係）
- CPU 動作周波数（解析処理の時間に関係）
- メモリ容量（点群データ格納処理、点群データ解析処理に関係）
- 内蔵記憶装置（点群データ格納容量に関係）
- インターフェース種別及びポート数  
（データ収録処理装置と各機器との接続に関係）
- 通信規格  
（通信モジュールを用いたデータ送信、リモートメンテナンスに関係）
- 重量（機器を設置する施設の耐久計算に関係）
- データ収録処理装置の冷却性能

なお、参考までに検証時に用いたデータ収録処理装置の仕様を**表-3.3**に示す。検証時は、1 台のデータ収録処理装置で、LiDAR センサー機器及びネットワークカメラのデータ収録及び解析処理を行ったが、遅延等は発生しなかった。

従って、**表-3.3**に示すスペック以上の機器を選定すれば、観測及び解析処理に大きな支障は生じないと想定される。

**表-3.3** 検証時に利用したデータ収録処理装置（パソコン）の仕様

OS	Ubuntu 22.04 (Windows 11 Pro 64bit の OS 上で、Ubuntu をエミュレートして動作させてもよい)	
プロセッサ	名称	インテル® Core™ i5-13420H
	動作周波数	2.10GHz
	コア数	8
	キャッシュ	12MB
メインメモリ	容量（搭載）	16GB
	メモリ規格	DDR4 SDRAM SODIMM
	メモリスロット数	2（空 1）
記憶装置（内蔵）	SSD	256GB (PCIe NVMe/M.2)(OPAL2.0 対応)
ビデオ・チップ (オンボード)	CPU 内蔵(インテル® UHD グラフィックス)	
ビデオ RAM 容量 (オンボード)	8GB	
インターフェース	USB ポート Type-A	USB 3.2 Gen2 x 3、USB2.0×2
	USB ポート Type-C	USB 3.2 Gen2 (USB3.2 データ転送/外部へ給電機能) x 1
	イーサネット・コ ネクター(RJ-45)	1
	ディスプレイ関連 ポート	Displayport : 1 HDMI : 1
通信	ネットワークコン トローラー	10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T (Wake on LAN 対応) オンボード
	WLAN	インテル® Wi-Fi 6 AX201 a/b/g/n/ac/ax
寸法・重量	本体寸法（幅×奥行×高さ）	約 36.5×182.9×179 (mm)
	本体重量	約 1.11 (kg)

本マニュアルの 4 章に後述するプログラムを用いて LiDAR センサー機器の点群データを取得した場合、10 分毎に点群データファイルが作成されることとなり、そのファイルサイズは約 2GB となる。従って、1 日あたり約 300GB の HDD 容量が必要となる。そのため、過去の点群データを使って再解析する場合は、別途、外付けのハード

ディスクを用意し、LiDAR センサー機器から得られた点群データファイルを保存しておく必要がある。一方で、リアルタイムのうちあげ高観測のみを実施する場合は、必要な解析を終えた後に点群データファイルを削除してもよい。

なお、7200rpm以上の回転数を有するHDDであれば、LiDARの点群データの書き込み速度は十分に満足するため、HDDへの直接書き込みでも問題はない。

### 3.2.3 ネットワークスイッチングハブ

ネットワークスイッチングハブは、観測機器とデータ収録処理装置を接続するにあたり必要となる機器である。ネットワークスイッチングハブの通信規格が、データ収録処理装置に搭載されている通信ネットワークコントローラーの仕様よりも低速の規格であった場合は、ネットワークスイッチングハブにおいて通信のボトルネックが発生し、正常にデータ等の取得ができない可能性が生じる。よって、以下の仕様を確認し、本機器による通信障害が生じない性能を検討した上で、機器を選定する。

なお、観測機器の種類によっては、LAN ケーブルを介した電力供給を必要とする場合がある。そのため、設置する観測機器の仕様を確認した上で、必要に応じて PoE 対応のネットワークスイッチングハブを用意するものとする。

- ネットワークスイッチングハブの通信規格  
(ボトルネック発生の防止に関係)
- 設置するデータ収録処理装置の通信規格  
(ボトルネック発生の防止に関係)
- 観測機器を設置するにあたって必要なポート数
- 設置する観測機器の電力供給の仕様 (PoE 対応機能の必要性に関係)

### 3.2.4 通信モジュール

解析後のデータ送信やリモートメンテナンスによる観測機器の稼働状況確認・ソフトメンテナンス保守を行うために必要となる。以下の仕様を確認し、必要な性能を満たす通信モジュールを選定する。

- 通信速度 (データ送信やリモートメンテナンスに関係)
- 通信許容容量 (データ送信やリモートメンテナンスに関係)
- 1ヶ月あたりに送信を行うデータファイル容量 (データ送信に関係)
- 各メーカーの移動通信システム世代 (4G / 5G) の通信エリア  
(通信モジュールメーカーの選定に関係)

なお、検証時は 4G 回線を使用したモバイルルータを準備し、受信通信速度 147Mbps～429Mbps、送信通信速度 14Mbps～42Mbps の使い放題プランにて運用を行ったが、支障は生じなかった。

### 3.2.5 その他

#### (1) 避雷器

落雷によるサージ電流から機器を保護するため、外部電源とテーブルタップの間に、避雷器を設置する。

#### (2) 収納ボックス

観測機器は屋外に設置することが想定されるため、以下の仕様を確認し、機器一式を収納可能なボックスを選定する。なお、金属が電波（無線）に干渉し、正常な通信ができない可能性があるため、金属製の収納ボックスを用いる場合は、無線通信用のアンテナを収納ボックスの外部に設置する必要があることに留意する。

- ボックスの材質（無線の通信に関係）
- 寸法（ボックス内に収容する機器の大きさに関係）
- 重量（観測施設の構造計算等に関係）

なお、参考までに検証時に用いた収納ボックスの仕様を**表-3.4**に、収納ボックスへの機器の収納状況の写真を**写真-3.1**に示す。なお、検証時は短期間における設置であったため、材質が鉄の収納ボックスを利用したが、長期間に渡って設置する場合は、塩によるさび等を考慮し、適切な材質のボックスを選定することに留意する。

**表-3.4** 検証時に利用した収納ボックスの仕様

設置場所	屋外
IP 規格	IP44
材質	鉄
取付基板	鉄製基板 (2.3mm) クリーム塗装 (2.5Y8/2)
キャビネット板圧	扉 1.6mm ボデー1.6mm
ハンドル	防水平面ハンドル (H-85)
外形寸法	520×320×630 mm

重量	約 17.2 kg
構造	水切構造、防塵・防水パッキン付



写真-3.1 検証時に用いた収納ボックスへの機器の収納状況

## Appendix1 ネットワークカメラ (Web カメラ)

### Appendix1.1 ネットワークカメラ (Web カメラ) の設置

LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測にあたって、ネットワークカメラ (Web カメラ) の設置は必須ではないが、映像により海岸にうち寄せる波や越波の状況、浸水被状況等の確認を行うにあたって非常に有用である。したがって、CCTV 等の機器が設置されていない海岸においては、ネットワークカメラ (Web カメラ) を LiDAR センサー機器と併せて設置することが望ましい。特に、防災情報発出等の基準となるような観測箇所においては、ネットワークカメラを併用した観測を推奨する。

また、LiDAR センサー機器との同期設定を行うことにより、LiDAR センサー機器で計測された任意のうちあげ高の様子を画像で保存することが可能であるため、LiDAR センサー機器によるうちあげ高の検証等にも活用が可能である。

ただし、ネットワークカメラ（Web カメラ）は、夜間に視認が困難になる場合も想定される。そのため、ネットワークカメラ（Web カメラ）を設置する際は、夜間対応用の照明器具を併せて設置する必要がある。

ネットワークカメラ（Web カメラ）を設置する際は、以下の仕様を確認し、必要な性能を満たすネットワークカメラ（Web カメラ）を選定する。

- IP 規格（耐久性に関係）
- 撮影可能解像度
- 撮影可能画角
- 撮影機能（赤外線撮影等切り替え機能に影響）
- 寸法
- 重量（観測施設の構造計算等に関係）
- 給電方式（電力供給施設設計に関係）

なお、参考までに検証時に用いたネットワークカメラ（Web カメラ）の仕様を表-3.5 に示す。

**表-3.5** 検証時に利用したネットワークカメラ（Web カメラ）の仕様

設置場所	全天候屋外設置型
IP 規格	IP67
画角	水平：111 度 垂直：59 度 対角：131 度
解像度	3840×2160 (※ただし、録画遅延を防止するため、開発時及び検証時は解像度を落として使用した)
外形寸法	85.2×73.6×173.7 mm
重量	約 485 g
給電方式	PoE 給電

## Appendix1.2 ネットワークカメラ (Web カメラ) の設定手順・方法

ネットワークカメラ (Web カメラ) の設定方法は選定した機種によって異なるため、選定した機種の取扱説明書を確認して設定する必要があるが、以下では参考として、検証時に用いたネットワークカメラ (Web カメラ) (機種メーカー: ARUCOM、機種型番: RD-CI803S) を設定した際の手順を示す。

### (1) 手順1: ネットワークカメラ (Web カメラ) の接続

ネットワークスイッチングハブを介して、データ収録処理装置とネットワークカメラ (Web カメラ) を LAN ケーブルで接続する。

### (2) 手順2: ネットワークカメラ (Web カメラ) の設定

ネットワークカメラ (Web カメラ) の設定画面を開き、解像度設定で以下を設定する。なお、データ収録処理装置の性能によるが、処理時間の制約上、検証時は解像度: 2688×1520 以下、フレームレート: 20.02fps と設定した。

**設定>共通設定>ビデオ**  
**解像度: 2688×1520**  
**フレームレート: 20.02 fps**

### (3) 手順3: ネットワークカメラ (Web カメラ) の時間設定 (NTP 設定)

ネットワークカメラ (Web カメラ) は、時間経過によってわずかなずれが生じていき、それらのずれは蓄積されていく。よって、NTP の設定をあらかじめ実施し、定期的に自動で時間同期を行う設定をしておく必要がある。選定機種によってはサマータイム (夏時間) を予め設定する機種もあるが、データ収録処理装置や LiDAR センサー機器との同期を行う必要があるため、「無効」にしておく必要がある。

**設定>共通設定>時間設定**  
**タイムゾーン: 東京**  
**サーバ: 192.168.1.50:123(任意の NTP サーバの IP アドレスを入力する)**  
**間隔: 1 分**  
**夏時間: 無効**

#### (4) 手順4：用いる解析プログラムに合わせたサービス設定

ネットワークカメラ (Web カメラ) の設定は、用いる解析プログラムも踏まえて設定する必要がある。4.3で詳細を説明するうちあげ高データ取得プログラムは、RTSP (Real Time Streaming Protocol) を利用したプログラムコードとなっているため、本機能を有効化しておく必要がある。

設定>ネットワーク>ネットワークサービス>RTSP ポート:554(初期値) 認証モード:digestのみ
---

## Appendix2 無停電電源装置 (UPS)

データ収録処理装置に安定した電源を供給し、停電時には安全にシステム停止をさせるために、無停電電源装置の設置を設置してもよい。ただし、本機器を設置しなくてもデータの取得等は可能である。設置する場合は、夏季の高温の条件下においても、問題が生じないような環境を検討・整備することが必要となる。

設置する場合は、無停電電源装置 (UPS) の容量は、以下に示す観点で検討を行い、必要な容量を計算して求めるものとする。

- 設置する観測機器に要する消費電力
- 設置するデータ収録処理装置に要する消費電力
- その他観測機器一式に要する消費電力
- 停電発生後にも継続して電力を供給したい時間
- 設置する箇所及びボックス内の温度・湿度

なお、参考までに検証時に用いた無停電電源装置 (UPS) の仕様を表-3.6 に示す。用いた無停電電源装置 (UPS) の最大出力容量は 350VA であったが、計算上、無停電電源装置から供給された電力で観測を継続可能な時間は数分程度である。従って、停電時にも継続して観測を運用したい場合は、非常に大容量の無停電電源装置 (UPS) を設置する必要がある。

**表-3.6** 検証時に利用した無停電電源装置（UPS）の仕様

運転方式	常時商用給電方式
冷却方式	自然空冷（ファンなし）
定格入力電圧	AC100V
入力周波数	50 / 60Hz ±4Hz
入力保護	リセットタイプ過電流保護器
定格出力電圧	AC100V
定格出力電流	3.5A
出力容量	350VA / 210W
出力周波数	50 / 60Hz ±0.1Hz
出力波形	正弦波
充電時間	12 時間
期待寿命	4～5 年
使用周囲温度	0～40℃
使用周囲湿度	25～85%RH
騒音	40dB 以下
外形寸法	92×285×165 mm
本体質量	約 4.5kg

## 第 4 章 うちあげ高観測の事前準備

本章では、LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測機器を「現地に設置する前」に実施すべき準備作業について解説する。

### 4.1 データ収録処理装置の設定

本節では、うちあげ高算出プログラムを安定して実行するためのデータ収録処理装置の基本設定について解説する。なお、データ収録処理装置で設定すべき項目は以下の 3 項目である。なお、必要なアプリケーションについては、アプリケーションのバージョンによっては動作環境が変わってしまい、正常なデータ取得ができなくなる恐れがある。そのため、4.1.2 で示す docker（指定するアプリケーションバージョン等の実行環境をパッケージ化したプラットフォーム）を設定することで、開発・検証時と同様の動作環境を再現する手順としている。

- OS のインストール・設定
- 観測及びデータ解析に必要なアプリケーションのインストール・設定
- ネットワークの設定

#### 4.1.1 OS のインストール・設定

##### (1) 使用 OS

データ収録処理装置の OS として、LinuxOS である Ubuntu 22.04 LTS (64bit) を使用する。これは、うちあげ高観測プログラムおよび関連ライブラリを本 OS で定時起動を安定的に実行されることを確認しているためである。WindowsOS は、意図しないタイミングでのアップデート等が入り、観測が中断する恐れがあることから本観測におけるデータ収録処理装置の OS としては使用しないものとする。

OS インストール時は、以下の点に留意して作業を進めるものとする。

- ユーザ名及びパスワードは、将来の保守管理を考慮し、組織内で管理可能な名称とする
- ユーザ名は、全角日本語を用いず、英小文字、数値、ダッシュ、アンダースコアを用いて設定するものとする
- ディスクは「全体を使用してインストール」を原則とする、
- インストール完了後、OS が正常に起動することを確認する

なお、本マニュアルでは、以下のユーザ名、グループ名を設定した条件で解説を行うため、必要に応じて、各自で設定したユーザ名、グループ名に読み替えて設定作業を行うこととする。なお、ユーザ名の箇所が判断できるよう、以降は、ユーザ名の箇所を緑文字で記載する。

ユーザ名 : **uchiage** (各自が設定したユーザ名に読み替えること)  
グループ名 : **docker**

## (2) OS インストールの作業手順

現地に設置するデータ収録処理装置の OS インストールと設定を以下の手順で実施する。

### 手順 1 : Ubuntu インストール USB の作成 (作業用 PC (WindowsPC) での作業)

- 1) データが空の USB メモリ (8GB 以上) を作業用 PC に接続する。
- 2) 下記 URL から Ubuntu 22.04.xx LTS (Desktop 版 Intel or AMD 64-bit architecture) ISO ファイルをダウンロードする。

<https://ubuntu.com/download/desktop>

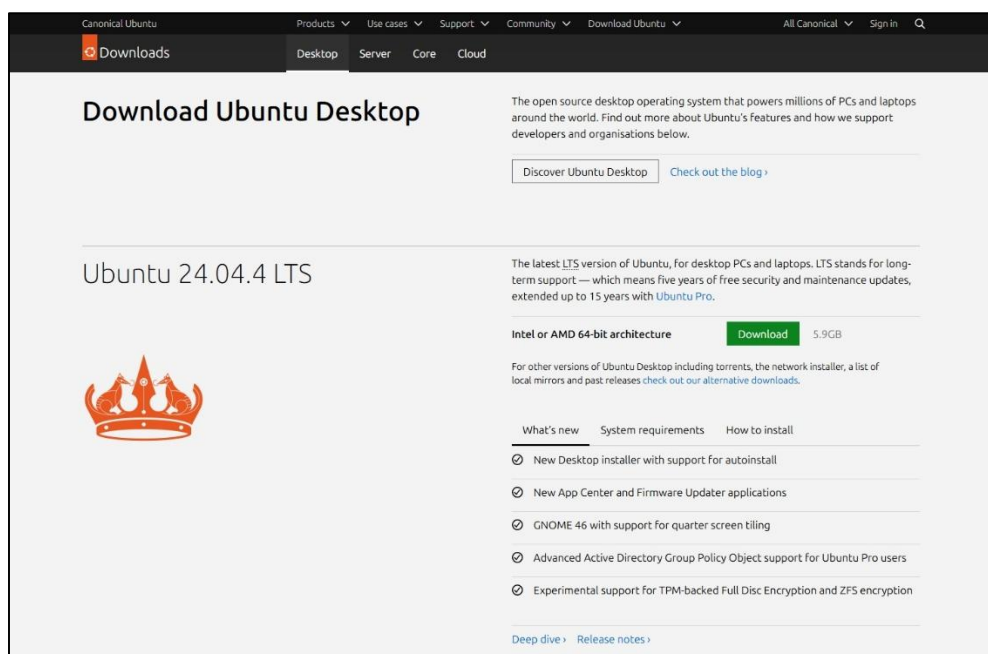


図-4.1 Ubuntu ダウンロードページ

- 3) 下記 URL からインストールメディア作成ソフトの Rufus をダウンロードする  
<https://github.com/pbatard/rufus/releases/download/v4.11/rufus-4.11p.exe>

- 4) 3)でダウンロードした Rufus.exe を実行する。
- 5) デバイスとして 1)で用意した USB メモリを選択する。その後、ブートの種類として、「ディスクまたは ISO イメージ」を選択した後、画面右に配置されている「選択」ボタンを押し、2)でダウンロードした ISO ファイルを選択する。

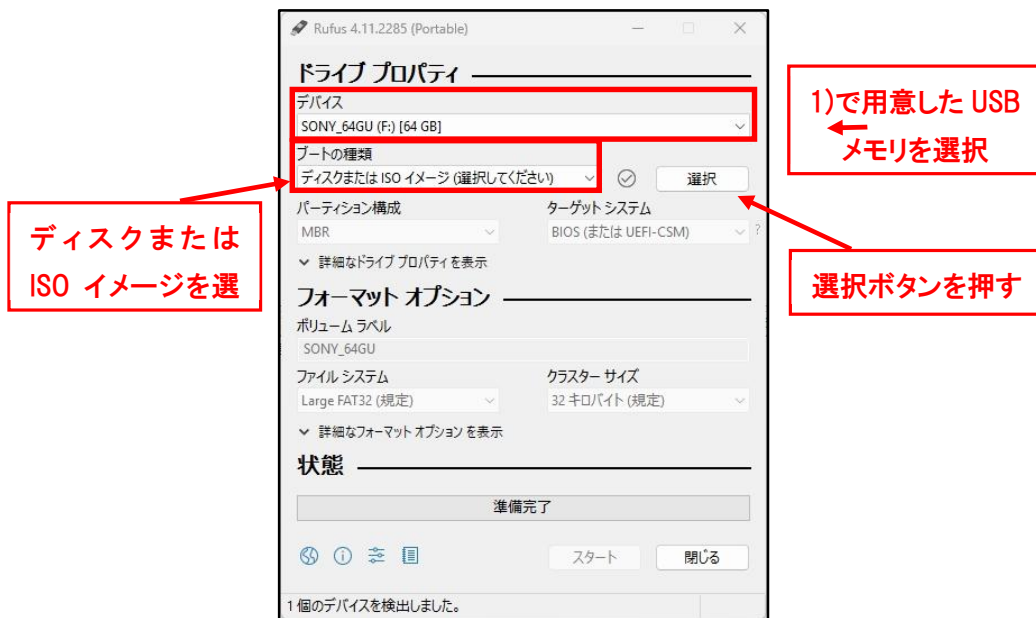


図-4.2 Rufus 起動画面

- 6) ISO ファイルを選択すると、ブートの種類の表示が変わるため、選択した ISO ファイルであることを確認したうえで、「スタート」ボタンを押す。

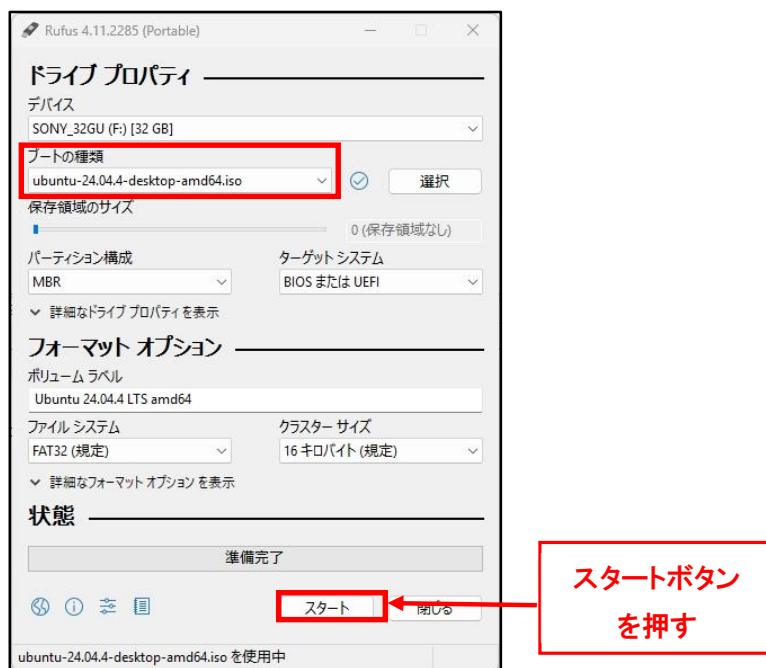


図-4.3 Rufus 画面 (ISO ファイル選択後)

- 7) スタートボタンを押すとダイアログが表示されるため、「ISO イメージモードで書き込む (推奨)」を選択して、「OK」ボタンを押す。

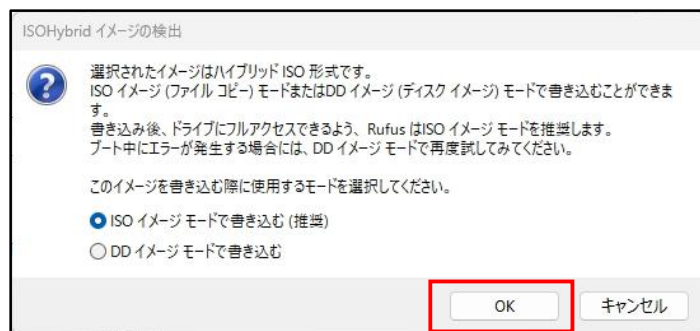


図-4.4 表示される確認ダイアログ

- 8) USB 作成処理が進行し、状態欄に表示されるバーが「準備完了」に遷移したら Ubuntu インストール USB の作成は完了となる。

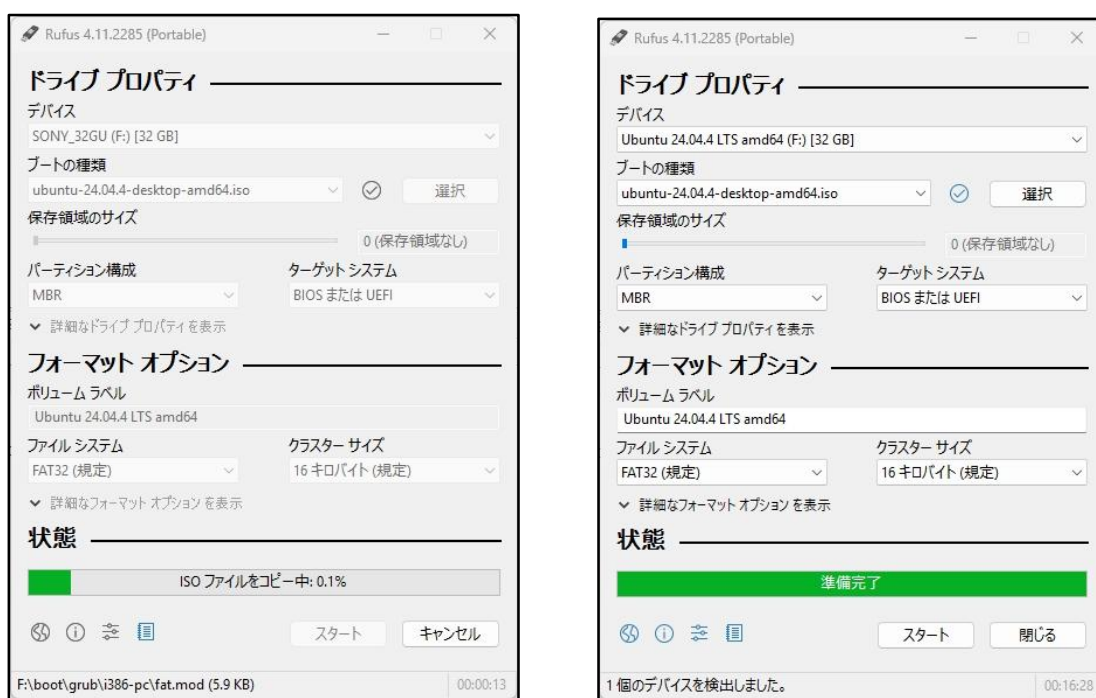


図-4.5 インストール USB の処理画面 (左: 処理中、右: 処理完了)

## 手順 2 : Ubuntu インストール

- 1) 手順 1 で作成した Ubuntu インストール USB をデータ収録処理装置に接続し、電源を入れる。
- 2) データ収録処理装置起動直後に F12 キーを Boot Menu 画面が表示されるまで押下し、メニューで「Try or Install Ubuntu」を選択する。  
※BootMenu を表示する方法は、機器のメーカーやパソコン等によって異なる（secure boot をキャンセルしないと USB 起動ができない機種も確認されている）ため、選定したデータ収録処理装置の仕様を確認して、BootMenu 画面を開くものとする。
- 3) 言語・キーボードの設定を行う。システム言語設定、キーボード設定ともに「日本語」を選択し、設定を進める。
- 4) インターネットへの接続方法を選択する画面が表示されるが、現段階でネットワーク設定は不要であるため、「今はインターネットに接続しない」を選択し、設定を進める。
- 5) アカウント設定画面では、「任意のユーザ名」、「パスワード」、「コンピュータ名」を指定する。以降、uchiage と記載されている部分については、ここで指定したユーザ名として読み替えることとする。
- 6) タイムゾーンの設定では、「Asia/Tokyo」を選択する。
- 7) インストールの種類にて、「ディスクを削除して Ubuntu をインストール」を選択し、「インストール」ボタンを押す。
- 8) インストール完了まで待機する。データ収録処理装置の性能等によりインストール必要時間は異なるが（一般的な PC だと 10～30 分程度）、インストールが完了するまで電源は切らないこととする。
- 9) インストール完了後に「今すぐ再起動」ボタンを押し、再起動を行う（自動で再起動する場合もある）。インストールメディアを取り出すよう指示が表示されたら、USB メモリを取り出す。

### 4.1.2 アプリケーションのインストール・設定

#### (1) 必要なアプリケーション

うちあげ高観測及び解析に必要なアプリケーションをデータ収録処理装置にインストールする。必要なアプリケーションは以下の 4 つである。

- **docker**（うちあげ高観測プログラムを、開発時及び検証時と同一の環境で動作させるために必要）
- **SSH**（遠隔から保守・管理を行うために必要）
- **chrony**（時刻同期を行うために必要。**LiDAR** センサー機器による観測と **Web** カメラによる観測の併用時に、**LiDAR** センサー機器でうちあげ高が最大となった時の **Web** カメラ画像を保存するために、時刻同期を行う必要がある）
- **ntfs-3g**（**Windows** の標準ファイルシステムである **NTFS**（**New Technology File System**）形式の **HDD** を **Linux**（**Ubuntu**）で認識させるために必要）

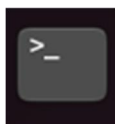
## （2）アプリケーションインストールの作業手順

現地に設置するデータ収録処理装置へのアプリケーションのインストールと設定を以下の手順で実施する。なお、本マニュアルではターミナルからのインストール方法について記載する。アプリケーションのインストールは、インターネットに接続できる有線 LAN あるいは無線 LAN に接続した上で作業を行うこととする。なお、ターミナル上に入力するコマンドについては、赤文字及び緑文字で示している。

### 手順 1：docker のインストール

- 1) **Ubuntu** 上でターミナルを起動する。起動方法は複数の方法があるため、以下に主要な方法を示す。任意の起動方法を選択して起動することとする。  
※以下に記載する以外の方法で起動しても問題ない

- デスクトップ上の端末ショートカットアイコン（**図-4.6**）をダブルクリックして起動



**図-4.6** ターミナルのショートカットアイコン

- キーボード上の「**Ctrl**」「**Alt**」「**T**」のボタンを同時に押して起動
- アプリケーションの一覧から「**端末**」もしくは「**Terminal**」を選択して起動

- 「アクティビティ」を選択し、検索ボックスに「端末」もしくは「Terminal」と入力し、表示された「端末」のアイコンをクリックして起動
- 2) 起動したターミナルにて、以下のコマンドを入力し、パッケージリストを更新する。
- ```
$ sudo apt update
$ sudo apt upgrade -y
```
- 3) 以下のコマンドを入力・実行し、Docker をインストールする準備を行う。
- ```
$ sudo apt update
$ sudo apt install ca-certificates curl gnupg
```
- 4) 以下のコマンドを入力・実行し、配布元の証明のための署名鍵（GPG 鍵）を配置する。
- ```
$ sudo install -m 0755 -d /etc/apt/keyrings
$ sudo curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg
-o ¥
$ /etc/apt/keyrings/docker.asc
$ sudo chmod a+r /etc/apt/keyrings/docker.asc
```
- 5) 以下のコマンドを入力・実行し、Docker のリポジトリ URL を sources.list.d に登録する。
- ```
$ echo ¥
$ "deb [arch=$(dpkg --print-architecture) signed-
by=/etc/apt/keyrings/docker.asc] $ ¥
$ https://download.docker.com/linux/ubuntu ¥
$ $(. /etc/os-release && echo "$VERSION_CODENAME") stable" | ¥
$ sudo tee /etc/apt/sources.list.d/docker.list > /dev/null
```
- 6) 以下のコマンドを入力・実行し、apt のパッケージ一覧を更新する。
- ```
$ sudo apt update
```
- 7) 以下のコマンドを入力・実行し、docker グループを作成し、4.1.1（2）手順 2 の 5) で設定したユーザを所属させる。
- ```
$ sudo groupadd docker
```

```
$ sudo usermod -aG docker uchiage
```

- 8) 以下のコマンドを入力・実行し、Docker Engine をインストールする。

```
$ sudo apt install docker-ce docker-ce-cli containerd.io ¥  
$ docker-buildx-plugin docker-compose-plugin
```

### 手順 2 : SSH のインストール

- 1) 手順 1 の 1)と同様の処理を実施する。ただし、手順 1 から連続して実施する場合は、手順 2 の 1)は省略するものとする。
- 2) 起動したターミナルにて、以下のコマンドを入力し、SSH をインストールする。

```
$ sudo apt install openssh-server  
$ sudo systemctl enable ssh  
$ sudo systemctl restart ssh  
$ sudo systemctl status ssh
```

### 手順 3 : chrony のインストール及び設定

- 1) 手順 1 の 1)と同様の処理を実施する。ただし、手順 1 から連続して実施する場合は、手順 2 の 1)は省略するものとする。
- 2) 起動したターミナルにて、以下のコマンドを入力してLinux システム等で時刻同期を行うための NTP (Network Time Protocol) のサーバを実装するアプリケーションである chrony をインストールする。また、次回以降のシステム起動時に chrony による時刻同期サービスを自動的に実行するため、chrony の自動起動を有効化する。

```
$ sudo apt install chrony  
$ systemctl enable chrony
```

- 3) 以下のコマンドを入力・実行して vi エディタを起動し、NTP サーバの設定を行う。

```
$ sudo vi /etc/chrony/chrony.conf
```

上記コマンドで `chrony` の設定ファイルを開いた後、以下の 2 行を任意の場所に追記する。

```
pool ntp.nict.jp iburst
allow 192.168.1.0/24
```

- 4) 以下のコマンドを入力・実行し、`chrony` の設定ファイルを保存して `vi` エディタの終了する。

```
:wq
```

#### 手順 4 : ntfs-3g のインストール

- 1) 手順 1 の 1)と同様の処理を実施する。ただし、手順 1 から連続して実施する場合は、手順 2 の 1)は省略するものとする。
- 2) Windows の標準ファイルシステムである NTFS の HDD をマウントするため、以下のコマンドを入力・実行して、`ntfs-3g` をインストールする。

```
$ sudo apt install ntfs-3g
```

#### 手順 5 : データ収録処理装置の再起動

- 1) 手順 1 の 1)と同様の処理を実施する。ただし、手順 1 から連続して実施する場合は、手順 2 の 1)は省略するものとする。
- 2) 以下のコマンドを入力・実行してデータ収録処理装置の再起動を行う。

```
$ sudo reboot
```

### 4.1.3 ネットワークの設定

データ収録処理装置のネットワークの設定を以下の手順で行う。

- 1) 収納ボックスに設置・格納するネットワークスイッチングハブの電源を入れ、ネットワークスイッチングハブとデータ収録処理装置を有線 LAN で接続する。
- 2) デスクトップ左下もしくは左上にある「アプリケーションを表示 (9 つの点のアイコン)」をクリックし、「設定」画面を開く。

- 3) ネットワークタブの **Ethernet** 欄右側の歯車マークを押下し、以下の設定を入力する。

```
IP アドレス : 192.168.1.50  
ネットマスク : 255.255.255.0  
デフォルトウェイ : 192.168.1.1
```

#### 4.1.4 HDD マウント設定

以下の手順で HDD マウント設定を行う。

- 1) NTFS でフォーマットされた HDD を観測用 PC に接続する。
- 2) Ubuntu 上でターミナルを起動する (4.1.2 (2) 手順 1 参照)。
- 3) HDD を 2 台接続する場合は以下のコマンドでディレクトリを準備する。

```
$ mkdir /home/uchiage/lidar_runup_observer/data/share2  
$ chmod 777 /home/uchiage/lidar_runup_observer/data/share2
```

- 4) UUID とデバイス名を確認するため以下のコマンドを実行する。

```
$ sudo blkid
```

以下は HDD を 1 台接続した場合の上記コマンドの出力例である。HDD のデバイス名 (/dev/sd{xx}) と UUID (青文字で表記) を確認する。

```
/dev/nvme0n1p2:          UUID="63a16b8d-af70-48a2-8610-25b9eb3a262e"  
BLOCK_SIZE="4096"  TYPE="ext4"  PARTUUID="2b57d9d1-f254-40d3-  
8832-6a37f80d5d09"  
/dev/nvme0n1p1:  UUID="F944-E77B"  BLOCK_SIZE="512"  TYPE="vfat"  
PARTUUID="5c298853-def3-4828-a483-560a4edb81f0"  
/dev/sda1:          LABEL="HD-PCFSU3-A"          BLOCK_SIZE="512"  
UUID="0A8C4E3D8C4E2413"  TYPE="ntfs"  PARTUUID="d88090e3-abf0-  
485f-868b-25997eddd02b"
```

- 5) 以下のコマンドを入力・実行して vi エディタを起動し、PC 起動時自動マウント設定のため設定ファイルを開く。

```
$ sudo vi /etc/fstab
```

- 6) 以下の赤文字部分を HDD 設定環境に合わせて追記する。  
fstab (赤文字・緑文字：変更箇所)

```
UUID=0A8C4E3D8C4E2413 /home/uchiage/  
lidar_runup_observer/data/share ntfs defaults,nofail 0 0  
UUID=12345678901234567 /home/uchiage/  
lidar_runup_observer/data/share2 ntfs defaults,nofail 0 0
```

- 7) 以下のコマンドを入力・実行してデータ収録処理装置の再起動を行う。

```
$ sudo reboot
```

- 8) 以下のコマンドを入力・実行して、指定した HDD が正常にマウントされているかを確認する。

```
$ df -h
```

以下は HDD を上記コマンドの出力例である。

ファイルシステム	サイズ	使用	残り	使用%	マウント位置
/dev/sda1	11T	2G	11T	1%	/home/micosuser/lidar_runup_observer/data/share
/dev/sdb1	11T	0	11T	0%	/home/micosuser/lidar_runup_observer/data/share2

上記まで、正常に設定が完了できれば、10 分毎に LiDAR センサー機器による点群データファイル (.lvx) と Web カメラによる動画ファイル (.mp4) が生成され、HDD に保存される。

なお、うちあげ高のリアルタイム観測においては、LiDAR 観測による点群データファイル (.lvx) 及び Web カメラによる動画 (.mp4) を常時保存する必要はなく、解析結果 (output フォルダ以下のデータ) のみ保存すればよい。

## 4.2 LiDAR センサー機器の設定

LiDAR センサー機器を起動して、前節で設定したデータ収録処理装置に Livox Viewer をインストールし動作を確認する。

### 手順 1 : LiDAR センサー機器の起動

- 1) データ収録処理装置が接続されているネットワークスイッチングハブに LiDAR センサー機器本体を接続する。その上で、LiDAR センサー機器とコンバータを接続し、LiDAR センサー機器を起動する。

## 手順 2 : Livox Viewer のインストール

- 1) データ収録処理装置にて Livox 社のサイトから「Livox Viewer 0.10.0(64bit) - Ubuntu 16.04」をダウンロードする。  
ダウンロードページ : <https://www.livoxtech.com/downloads>
- 2) ダウンロードした「Livox\_Viewer\_For\_Linux\_Ubuntu16.04\_x64\_0.10.0.tar.gz」を右クリックし、任意のディレクトリに展開する。
- 3) ファイルを展開したディレクトリを開き、「livox\_viewer.sh」を右クリックして「プログラムとして実行」を選択する。
- 4) 正常に LiDAR センサー機器が認識されている場合、接続されている LiDAR センサー機器のシリアルナンバーが表示される (図-4.7)。シリアルナンバーは後述の設定に用いるため記録をする。
- 5) LiDAR センサー機器のシリアルナンバー右側のトグルボタンをオンにした状態で再生ボタンを押すことでリアルタイムの LiDAR 点群データが表示される。

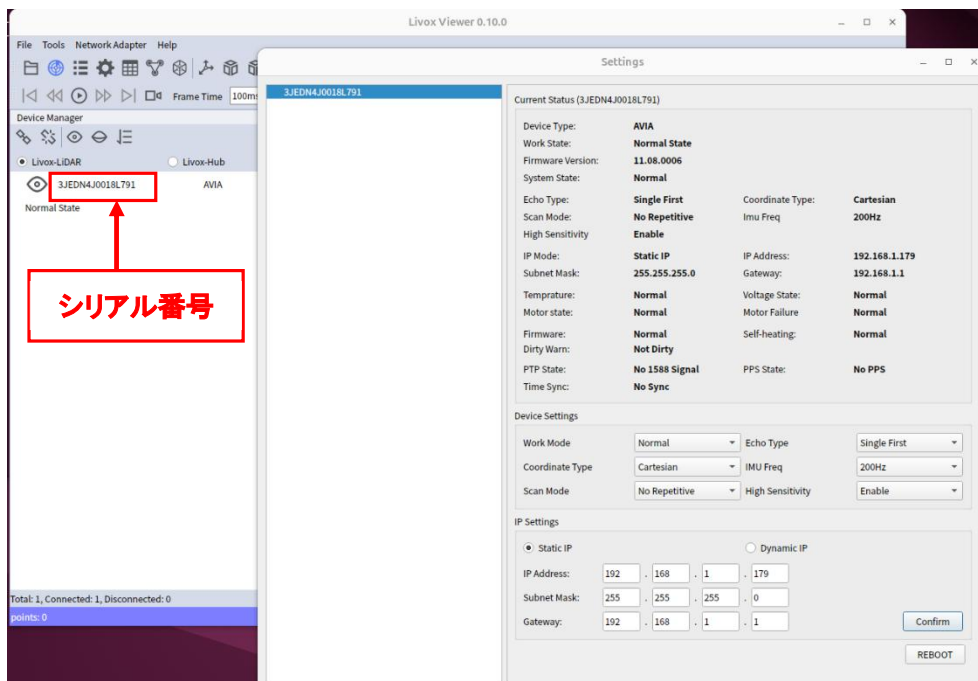


図-4.7 Livox Viewer の画面例

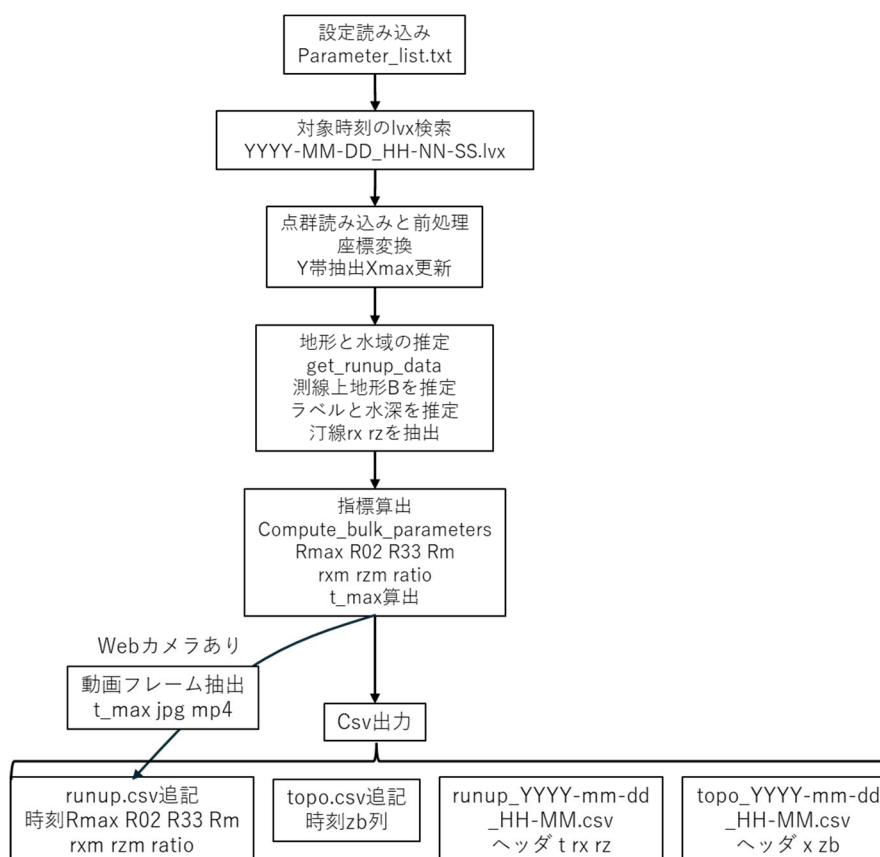
### 4.3 LiDAR センサー機器のデータ取得プログラムの設定

波浪うちあげ高観測は、LiDAR センサー機器による観測を基本とするが、Web カメラ映像は、波浪うちあげ高の実況監視や堤防背後における浸水の現認に加えて、LiDAR センサー機器による観測で最大うちあげ高を記録した際の画像を保存することが可能となる。これらは非常に有用なデータとなりうるため、LiDAR センサー機器と Web カメラの併用による観測を推奨する。この節では、LiDAR に加えて Web カメラを併用する場合 (4.3.1) と、LiDAR 単独の場合 (4.3.2) について説明する。

#### 4.3.1 うちあげ高データ取得プログラムの設定 (LiDAR センサー機器と Web カメラを併用する場合)

##### (1) うちあげ高データ取得プログラムの処理フロー

LiDAR センサー機器に加えて Web カメラを併用する場合のうちあげ高データ取得プログラムの処理フローを図-4.8 に示す。



**図-4.8** LiDAR センサー機器と Web カメラを併用した場合の  
うちあげ高データ取得プログラムの処理フロー図

(2) うちあげ高データ取得プログラムの展開と環境設定

下記に記載する `docker` イメージにはうちあげ高データ取得プログラムの実行に必要なライブラリ及び基本設定が実施済みの状態の環境が含まれる。そのため、本マニュアルでは、機器によって変更が必要な部分について記載する。

手順 1：うちあげ高データ取得プログラムの展開

- 1) 以下の Docker イメージファイル及びうちあげ高データ取得プログラムを USB メモリ等で Ubuntu のホームディレクトリ (`/home/uchiage`) に配置する。なお、Docker イメージファイルは、開発・検証時と同一の動作環境を再現するものであるため、**4.3.2** に示す LiDAR 単体でのうちあげ高観測時に用いるイメージファイルと同様のファイルとなっている。

➤ Docker イメージファイル：

`image_common_runup_observer-data-acquisition_202603.tar`

➤ うちあげ高データ取得プログラムファイル：

`lidar_webcamera_runup_observer_202603.tar.gz`

- 2) Ubuntu 上でターミナルを起動する (**4.1.2** (2) 手順 1 参照)。
- 3) 以下のコマンドを入力・実行し、うちあげ高データ取得プログラムを展開する。

```
$ tar zxvf lidar_webcamera_runup_observer_202603.tar.gz
$ chmod -R 777 lidar_runup_observer
```

- 4) 以下のコマンドを入力・実行し、Docker イメージをロードする。

```
$ docker load < *.tar または docker load -I *.tar
```

- 5) 以下のコマンドを入力・実行し、ビルドを実行する。

```
$ cd lidar_runup_observer
$ docker compose up -d --build
```

手順 2：Docker によるうちあげ高データ取得プログラムの環境設定

- 1) 以下のコマンドを入力・実行し、Docker コンテナ内の環境に入る。

```
$ docker exec -it data-acquisition-handler bash
```

なお、Docker 外の「/home/uchiage/lidar\_runup\_observer」以下と Docker 内環境の「/opt」以下で同じディレクトリが参照される。

- 2) 以下のコマンドを入力・実行して vi エディタを起動し、Web カメラの設定ファイルを開く。

```
$ vi /opt/bin/uchiage/base/setting_camera.txt
```

- 3) 以下の赤文字・緑文字部分を Web カメラの設定環境に合わせて修正する。

setting\_camera.txt (赤文字・緑文字：変更箇所)

# CAMERA_ID	192.168.1.64	カメラ本体の IP アドレス
# CAMERA_USER	uchiage	
# CAMERA_PASSWORD	<カメラの設定で指定したパスワード>	
# CAMERA_PORT	554	機種に応じて変更する ・ RTSP のポート番号 ・ RTSP のストリームパス ・ 録画の画面幅ピクセル ・ 録画の画面高さピクセル
# CAMERA_STREAMPATH	/live	
# VIDEO_WIDTH	2688	
# VIDEO_HEIGHT	1520	
# VIDEO_FPS	5	保存する動画の FPS
# Need_Photo	0	動画保存後に静止画を保存する 場合は 1
# HOUR_MORNING	0	処理を起動する時間帯を指定 (0~24 は終日起動可能)
# HOUR_NIGHT	24	

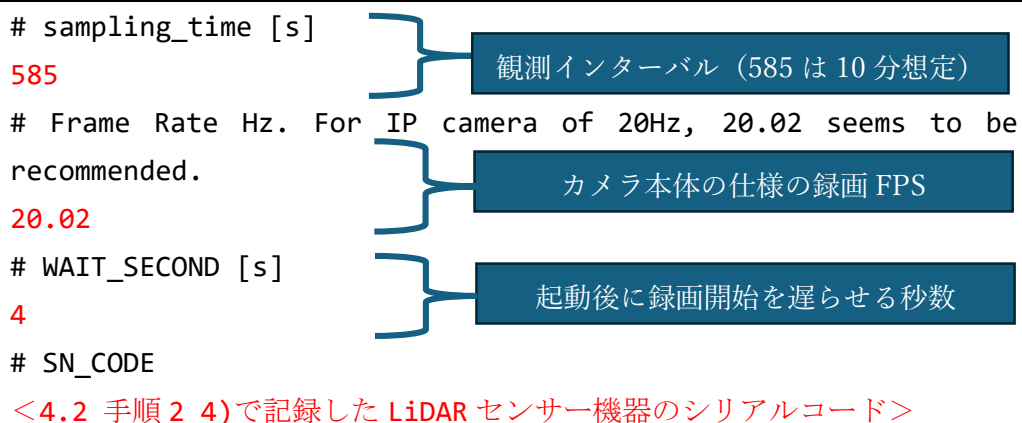
- 4) 以下のコマンドを入力・実行して vi エディタを起動し、LiDAR センサー機器の設定ファイルを開く。

```
$ vi /opt/bin/uchiage/base/setting_lidar.txt
```

- 5) 以下の赤文字部分を LiDAR センサー機器の設定環境に合わせて修正する。

setting\_lidar.txt (赤文字：変更箇所)

```
# sampling_time [s]
585
# Frame Rate Hz. For IP camera of 20Hz, 20.02 seems to be
recommended.
20.02
# WAIT_SECOND [s]
4
# SN_CODE
<4.2 手順 2 4)で記録した LiDAR センサー機器のシリアルコード>
```

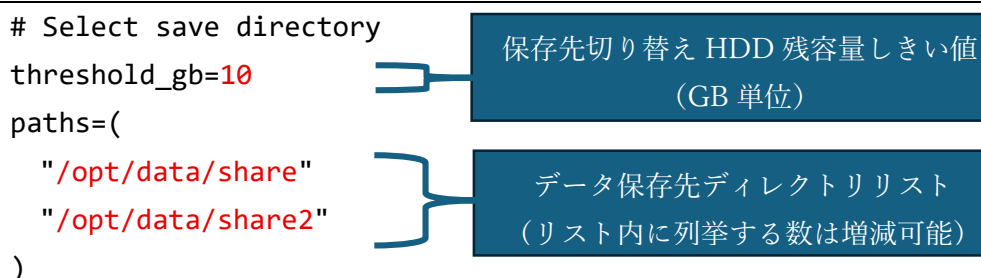


- 6) 以下のコマンドを入力・実行して vi エディタを起動し、データ取得及び保存処理ファイルを開く。

```
$ vi /opt/bin/uchiage/base/MainRoutine.sh
```

- 7) MainRoutine.sh の 12 行目以下の赤文字部分を PC 環境や HDD に合わせて修正する。

```
# Select save directory
threshold_gb=10
paths=(
  "/opt/data/share"
  "/opt/data/share2"
)
```



- 8) 以下のコマンドを入力・実行し、うちあげ高データ取得プログラムを手動で実行し、動作の確認を行う。

```
# cd /opt/bin/uchiage/base/
# ./MainRoutine.sh
```

以下は正常時のターミナルへの出力例である。

```
2026-01-06_19-41
##### Recording Start #####
Livox SDK initializing.
Livox SDK has been initialized.
Livox SDK version 2.3.0 .
Try to access :rtsp://admin:jwa-camera!@192.168.1.64:554/live.
Start discovering device.
~~~~~ (省略) ~~~~~
Lidar: Recording Started
Camera: Recording Started
Lidar: Erapsed Time is 585.014 [s] for 2928 frame
[2026-01-06 19:50:53.922] [console] [info] Send Command: Set 0 Id 4 Seq
737 [command_channel.cpp] [Send] [243]
Camera: Erapsed Time is 585.328 [s] for 2928 frame
Lidar: Recording Success!
Camera: Recording Success!
2026-01-06_19-41
File not found
/opt/data/share : 6816 GB available
/opt/data/share
/opt/bin/uchiage/base/2026-01-06_19-30-04.lvx
/opt/bin/uchiage/base/2026-01-06_19-20-02.mp4
```

- 9) 以下のコマンドを入力・実行し、**Docker** 環境から抜ける。

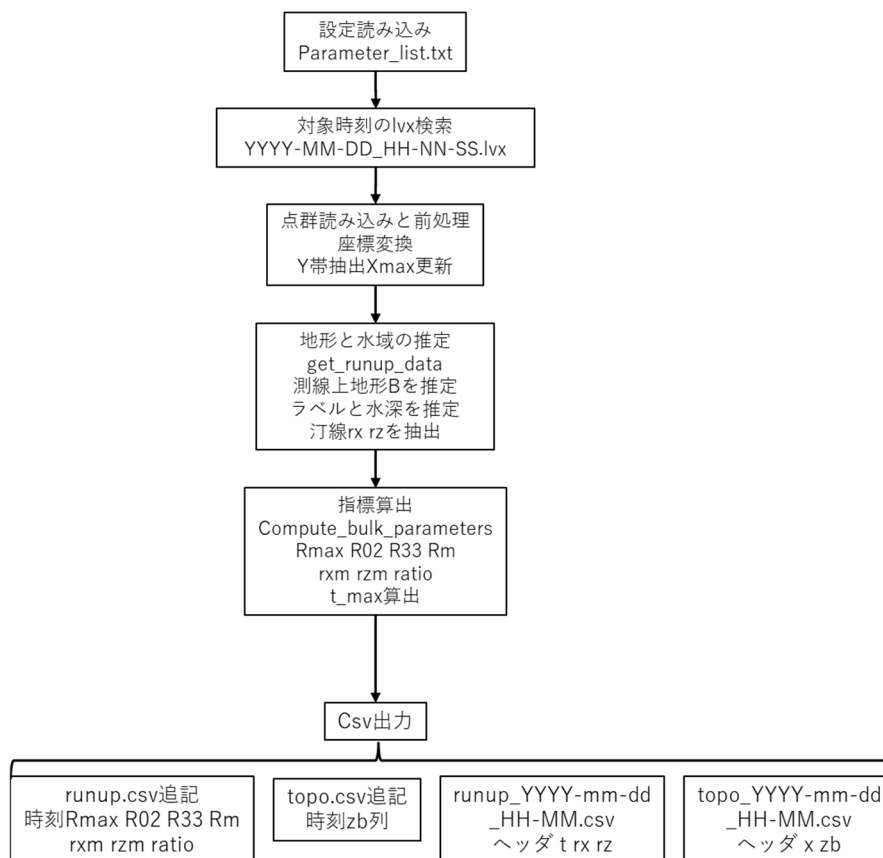
```
# exit
```

LiDAR センサー機器、Web カメラともに観測は 20.02FPS (1 秒当たりの回数) で実施するが、別途設定ファイル (setting.txt) にて、記録は 5.005FPS としている。さらに LiDAR センサー機器の記録は点群データ数を確保するために 3 フレーム (3 回分の計測値) をまとめている。そのため、LiDAR 計測周波数は 1.668335Hz (時間間隔 0.5994 秒) で計測する。

### 4.3.2 うちあげ高データ取得プログラムの設定 (LiDAR 単体の場合)

#### (1) うちあげ高データ取得プログラムの処理フロー

LiDAR センサー機器のみで観測を実施する場合のうちあげ高データ取得プログラムの処理フローを **図-4.9** に示す。



**図-4.9** LiDAR センサー機器のみで観測を実施する場合のうちあげ高データ取得プログラムの処理フロー図

#### (2) うちあげ高データ取得プログラムの展開と環境設定

下記に記載する `docker` イメージにはうちあげ高データ取得プログラムの実行に必要なライブラリ及び基本設定が実施済みの状態の環境が含まれる。そのため、本マニュアルでは、機器によって変更が必要な部分について記載する。

##### 手順 1: うちあげ高データ取得プログラムの展開

- 1) 以下の `Docker` イメージファイル及びうちあげ高データ取得プログラムを USB メモリ等で `Ubuntu` のホームディレクトリ (`/home/uchiage`) に配置する。

- Docker イメージファイル：  
image\_common\_runup\_observer-data-acquisition\_202603.tar
  - うちあげ高データ取得プログラムファイル：  
lidar\_runup\_observer\_202603.tar.gz
- 2) Ubuntu 上でターミナルを起動する (4.1.2 (2) 手順1 参照)。
  - 3) 以下のコマンドを入力・実行し、うちあげ高データ取得プログラムを展開する。

```
$ tar zxvf lidar_runup_observer_202603.tar.gz
$ chmod -R 777 lidar_runup_observer
```
  - 4) 以下のコマンドを入力・実行し、Docker イメージをロードする。

```
$ docker load < *.tar または docker load -I *.tar
```
  - 5) 以下のコマンドを入力・実行し、ビルドを実行する。

```
$ cd lidar_runup_observer
$ docker compose up -d --build
```

#### 手順2 : Docker によるうちあげ高データ取得プログラムの環境設定

- 1) 以下のコマンドを入力・実行し、docker コンテナ内の環境に入る。

```
$ docker exec -it data-acquisition-handler bash
```

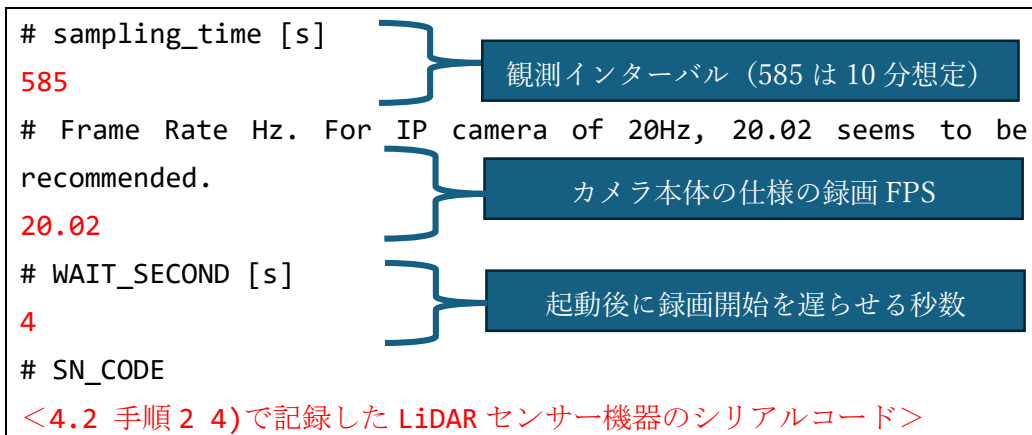
なお、Docker 外の「/home/<ユーザ名>/lidar\_runup\_observer」以下と Docker 内環境の「/opt」以下で同じディレクトリが参照される。
- 2) 以下のコマンドを入力・実行して vi エディタを起動し、LiDAR センサー機器の設定ファイルを開く。

```
$ vi /opt/bin/uchiage/base/setting_lidar.txt
```

- 3) 以下の赤文字部分を LiDAR センサー機器の設定環境に合わせて修正する。

setting\_lidar.txt (赤文字：変更箇所)

```
# sampling_time [s]
585
# Frame Rate Hz. For IP camera of 20Hz, 20.02 seems to be
recommended.
20.02
# WAIT_SECOND [s]
4
# SN_CODE
<4.2 手順 2 4)で記録した LiDAR センサー機器のシリアルコード>
```

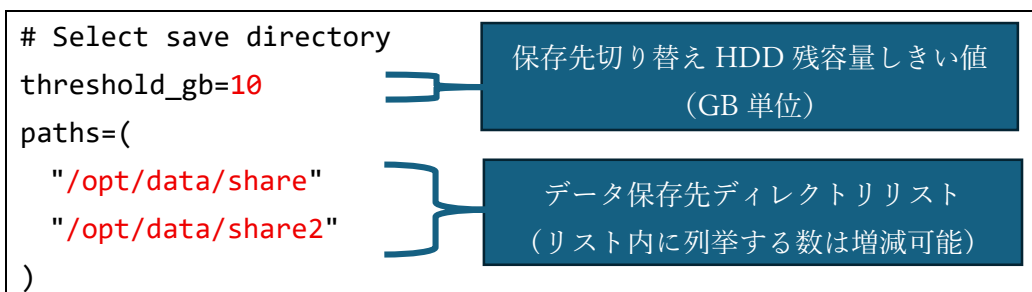


- 4) 以下のコマンドを入力・実行して vi エディタを起動し、データ取得及び保存処理ファイルを開く。

```
$ vi /opt/bin/uchiage/base/MainRoutine.sh
```

- 5) MainRoutine.sh の 12 行目以下の赤文字部分を PC 環境や HDD に合わせて修正する。

```
# Select save directory
threshold_gb=10
paths=(
  "/opt/data/share"
  "/opt/data/share2"
)
```



- 6) 以下のコマンドを入力・実行し、うちあげ高データ取得プログラムを手動で実行し、動作の確認を行う。

```
# cd /opt/bin/uchiage/base/
# ./MainRoutine.sh
```

以下は正常時のターミナルへの出力例である。

```
2026-01-06_19-41
##### Recording Start #####
Livox SDK initializing.
Livox SDK has been initialized.
```

```
Livox SDK version 2.3.0 .
Try to access :rtsp://admin:jwa-camera!@192.168.1.64:554/live.
Start discovering device.
~~~~~(省略)~~~~~
Lidar: Recording Success!
Camera: Recording Success!
2026-01-06_19-41
File not found
/opt/data/share : 6816 GB available
/opt/data/share
/opt/bin/uchiage/base/2026-01-06_19-30-04.lvx
/opt/bin/uchiage/base/2026-01-06_19-20-02.mp4
```

- 7) 以下のコマンドを入力・実行し、Docker 環境から抜ける。

```
# exit
```

LiDAR センサー機器による観測は 20.02FPS（1 秒当たりの回数）で実施するが、別途設定ファイル（setting.txt）にて、記録は 5.005FPS としている。さらに LiDAR センサー機器の記録は点群データ数を確保するために 3 フレーム（3 回分の計測値）をまとめている。そのため、LiDAR 計測周波数は 1.668335Hz（時間間隔 0.5994 秒）で計測する。

#### 4.3.3 うちあげ高データ取得プログラムの自動起動設定

LiDAR センサー機器による点群データの取得は、本来データ取得開始から取得終了までの点群データを 1 ファイルにして保存されるが、解析処理等については、保存が完了したファイルに対して実施するものであり、データ取得中のファイルに対して解析処理を行うことはできない。そのため、定期的にデータ取得開始、取得終了処理を行って点群データファイルを分割する必要がある。そこで、うちあげ高データ取得プログラムと観測により得られたファイルデータを移動する処理を定期的に起動するため、Ubuntu の標準機能であり、定期的に指定したコマンドやスクリプトを自動実行する常駐プログラムである cron を利用する。以下では、cron の設定方法について解説する。

- 1) Ubuntu 上でターミナルを起動する (4.1.2 (2) 手順 1 参照)。
- 2) 以下のコマンドを入力・実行し、定時処理を行う cron の設定編集画面を開く。

```
$ sudo crontab -e
```

- 3) 以下のコードを追記して保存する。

```
*/10 * * * * docker exec data-acquisition-handler /opt/bin/uchiage/base/MainRoutine.sh
```

## 4.4 その他の設定

その他の設定として、以下の設定について解説する。

- リモートメンテナンスソフトの設定

### 4.4.1 リモートメンテナンス機器及びソフトウェアの選定・設定

本節では、現地に行くことなくリモートで、波浪うちあげ高観測地点に設置した観測機器一式の稼働状況を確認し、メンテナンス及び保守を行うために必要な機器、ソフトウェア及びソフトウェアの設定について記載する。

#### (1) リモートメンテナンスに必要な機器

リモートメンテナンスに必要な機器を以下に示す。

- IoT ルータ

IoT ルータは、機器やシステムをインターネットへ接続するためのルータ機能に特化した機器である。機器の仕様にもよるが、検証時に用いたサン電子製 IoT ルータ (型番 : DRX5002) の場合、契約済のインターネット通信が可能な SIM カードを IoT ルータに挿入し、データ収録処理装置等が接続されているネットワークスイッチングハブに LAN ケーブルで接続すると、IP アドレスを自動取得し、インターネット接続が可能となるため、IoT ルータに対する設定変更は不要である。

#### (2) リモートメンテナンスに必要なソフトウェア

リモートメンテナンスに必要なソフトウェア及び各ソフトウェアの役割を表-4.1 に示す。なお、参考として、巻末に検証時に用いたソフトウェア名やそのインストール手順を記載するが、各組織のセキュリティレベルによって利用可能なソフトウェアには制限がある。そのため、各組織の担当部署と事前に協議の上、ソフトウェアを選定することとする。。

**表-4.1** 検証時に利用したソフトウェアとその役割

ソフトウェア	役割
VPN ソフトウェア	PC（データ収録処理装置）を遠隔操作するための専用回線（VPN <sup>2</sup> ）を構築するソフトウェア。
SSH ソフトウェア	PC（データ収録処理装置）を遠隔操作（SSH <sup>3</sup> ）するためのソフトウェア
SFTP ソフトウェア	VPN 接続した PC（データ収録処理装置）とデータの送受信を行うためのソフトウェア

※現地のデータ収録処理装置（PC）にディスプレイが接続されていれば、リモートアクセスの際にも高解像度画面の UI で接続することができる。ディスプレイが接続されていない場合でも、HDMI ダミープラグを挿しておけば高解像度画面の UI で接続することができるためリモートアクセスに有効である。

※データバックアップのため、自動処理でクラウドへのデータ保存を行うことも有効である。ユーザ（組織）のセキュリティによって利用できるサービスが異なるため、事前に利用可能なサービスを確認すること。

### (3) リモートメンテナンスの機器構成図

（※既存設置の観測機器については一部記載を省略）

リモートメンテナンス構成図を **図-4.10** に示す。

<sup>2</sup> VPN（Virtual Private Network）とは、インターネット上に仮想の専用線を構築し、データを暗号化して安全に送受信する技術

<sup>3</sup> SSH（Secure Shell）とは、ネットワーク経由で別のコンピューター（サーバー）に安全に接続し、操作するための通信プロトコル

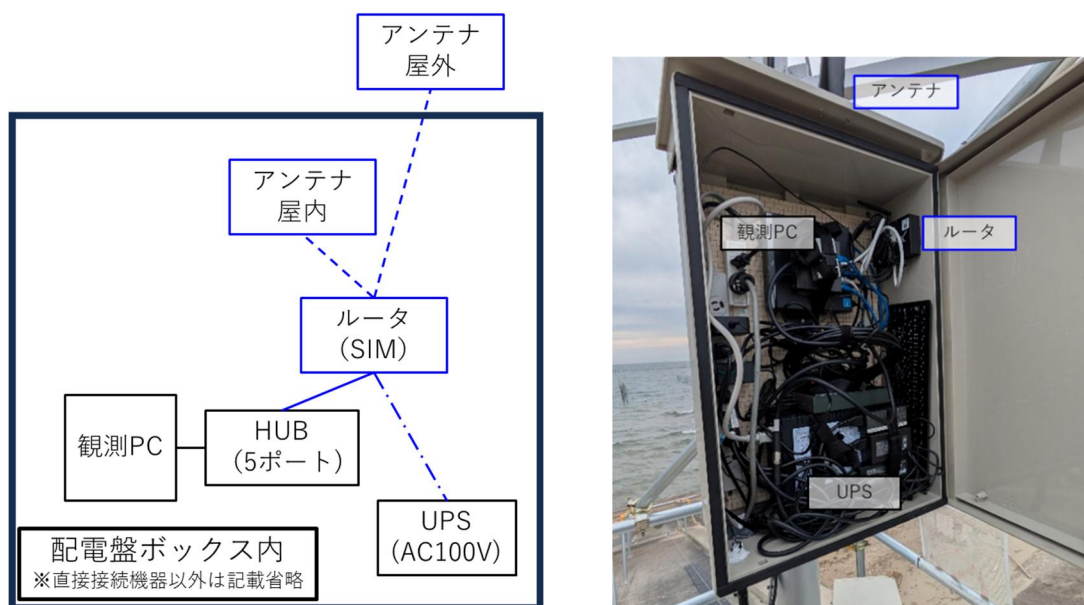


図-4.10 リモートメンテナンス構成図

(左図黒色：観測用機器、左図青色：リモートシステム機器（実線は LAN 線、点線は同軸線、実点線は電源線）)

## 第5章 うちあげ高観測機器の設置

本章では、LiDAR センサー機器等の設置及び LiDAR 観測プログラムを現地に適用するにあたってのパラメータ調整（現地での作業を含む）について説明する。なお、**5.2** 以降の説明については、**1.1** で記載したとおり、開発及び検証時に用いた LiDAR センサー機器の使用を前提として説明するものとするが、別の LiDAR センサー機器を用いた場合でも、同様の処理を行うことで、観測は可能である。

### 5.1 うちあげ高観測機器の設置方法

うちあげ高観測機器として LiDAR センサー機器を設置する方法としては、以下の2通りで検証が行われている。いずれの方法においても LiDAR のデータ取得は適切に行われたことが確認されているため、設置方法は **2.1** に記載されている観点を含めて検討を行い、現地状況を踏まえて決定することとする。

- 既設電柱（CCTV 設置電柱等）に設置する方法（**写真-5.1**）
- 新たに観測柱を設置し、観測柱に設置する方法（**写真-5.2**）

LiDAR センサー機器は設置角度が変化すると、正常な観測結果を得られなくなり、解析に支障が出てしまうことがある。特に風による振動の影響により録画中に設置角度が変化した場合は、継続的な正常なデータの取得ができなくなることが確認されている。そのため、いずれの設置方法においても、設置した LiDAR センサー機器の設置角度が変化しないよう、強固に固定する必要があることに留意することとする。

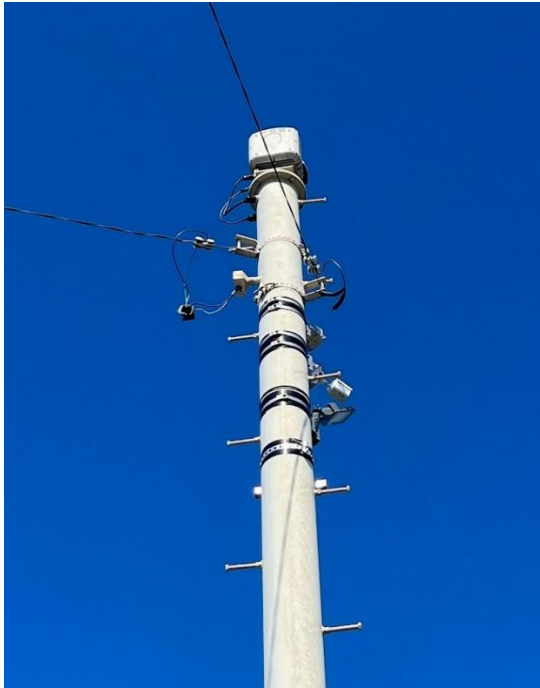


写真-5.1 既設電柱に設置する方法



写真-5.2 観測柱に設置する方法

### 5.1.1 既設電柱（CCTV 設置電柱等）に設置する方法

LiDAR センサー機器は、機器仕様と観測対象とする測線を確認し、以下の点に留意した上で、既設電柱に取り付けるものとする。なお、LiDAR センサー機器の設置角度が変化した場合、5.2以降に記載する標定点等の調整結果との不一致が生じてしまうため、取得データの誤差が生じて正確な値の取得ができなくなる。また、その誤差はLiDAR センサー機器からの測定距離に伴い大きくなっていく。そのため、LiDAR センサー機器の設置角度が変化しないように強固に固定する必要がある。また、設置角度が変化した場合は、5.2以降に記載する標定点等の調整作業は再度実施する必要がある。

- LiDAR センサー機器の測定距離と観測対象測線との距離  
(機器の設置箇所と観測対象測線の距離は短い方がよい)
- LiDAR センサー機器のレーザー放射方向
- LiDAR センサー機器の固定方法

### 5.1.2 新たに観測柱を設置し、観測柱に設置する方法

LiDAR センサー機器を設置する観測柱は、堤防天端等の観測対象測線から近い距離に設置することが望ましい。その際、設置する観測柱については、設置する各観測機

器の重量等を踏まえた構造計算を実施し、台風等の外力が作用した際に耐えうる構造であることを確認した上で観測柱を設置することとする。なお、観測柱の高さとしては4～5m程度でよい。また、LiDARセンサー機器は、機器の微振動に伴い誤差が生じるため、新規に観測柱を設置する場合は、ステー（支持具）を張る等の対策を行い、観測柱の微振動を軽減する構造とする。参考として、検証時に設置した観測柱の設計図を巻末資料に示す。なお、検証時は短期間における設置であったため、観測柱の表層に溶融亜鉛メッキを塗布した上で設置したが、頻繁に波が直接作用する箇所に設置した観測柱は、半年間の短期間の設置期間においても劣化が進行していた。そのため、長期間に渡って設置する場合は、塩によるさび等を考慮し、適切な材質を選定し、観測柱を設計・設置することに留意する。

LiDARセンサー機器は、4m程度の高さに設置し、堤防法面（または砂浜）がLiDARセンサー機器のデータ取得範囲に入るように設置する。LiDARセンサー機器の設置角度は、観測対象測線を下向きに見るような画角になるよう調整する（図-5.1）。LiDARセンサー機器の設置角度を水平に近い角度で設置して遠方におけるデータ取得検証を行ったところ、点群データの取得は可能であったものの、取得したデータのぶれ幅が非常に大きく、上位1/3平均うちあげ高等を算出することが困難であった。そのため、上記で記載したとおり、観測対象測線を下向きに見るような設置角度になるよう調整は必須である。

データ収録処理装置等を格納する収納ボックスは、越波する海水の影響を受けず、かつ点検時にも確認がしやすい高さに設置することとし、観測機器と収納ボックス間のケーブルについては、波浪による影響を受けないよう、配管内を通す等の対策を講じるものとする。また、必要に応じて、防護柵の設置、悪戯防止対策、管理者の連絡先等を表示した看板の設置等を検討する。

以下に、新規に観測柱を設置して観測を行う場合に留意事項について列挙する。

- 観測柱の構造  
（台風等の外力が作用した場合に耐えうる構造であること、振動等を抑制する構造であることに留意して設計すること）
- LiDARセンサー機器の測定距離と観測対象測線との距離  
（機器の設置箇所と観測対象測線の距離は短い方がよい）
- LiDARセンサー機器のレーザー放射方向
- LiDARセンサー機器の固定方法
- 収納ボックスの設置高さ
- 観測機器と収納ボックス間のケーブルの養生方法
- 防護柵の設置、悪戯防止対策、管理者看板の設置等

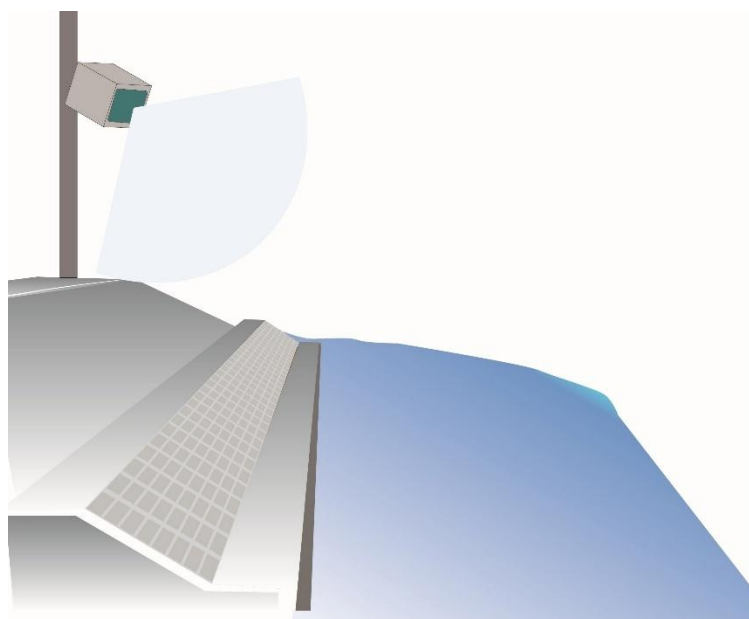


図-5.1 LiDAR センサー機器の設置イメージ図

## 5.2 標定点の設定と地理座標系の座標及びLiDAR センサー機器の座標の取得方法

LiDAR センサー機器で得られる点群データは位置座標（3D-LiDAR の場合は X、Y、Z 座標、2D-LiDAR の場合は X、Z 座標）を有しているが、これらで得られる座標は LiDAR センサー機器を起点とした座標であり、我々が判断しやすい情報とするためには、LiDAR で得られる位置座標情報を地理座標系へ変換する必要がある。そのため、本節では、RTK-GNSS による標定点の地理座標の取得方法及び LiDAR 点群データの座標の取得方法を説明する。

なお、以降で説明する LiDAR 座標系の定義は光軸方向を X 軸（前方を正）、光軸方向（X 軸）と直行方向を Y 軸（左向きを正）、上方を Z 軸（上向きを正）としている。変換後の地理座標系の定義は岸沖方向を X 軸（沖向きを正）、沿岸方向を Y 軸（左向きを正）、鉛直方向（上向きを正）とする（図-5.2）。

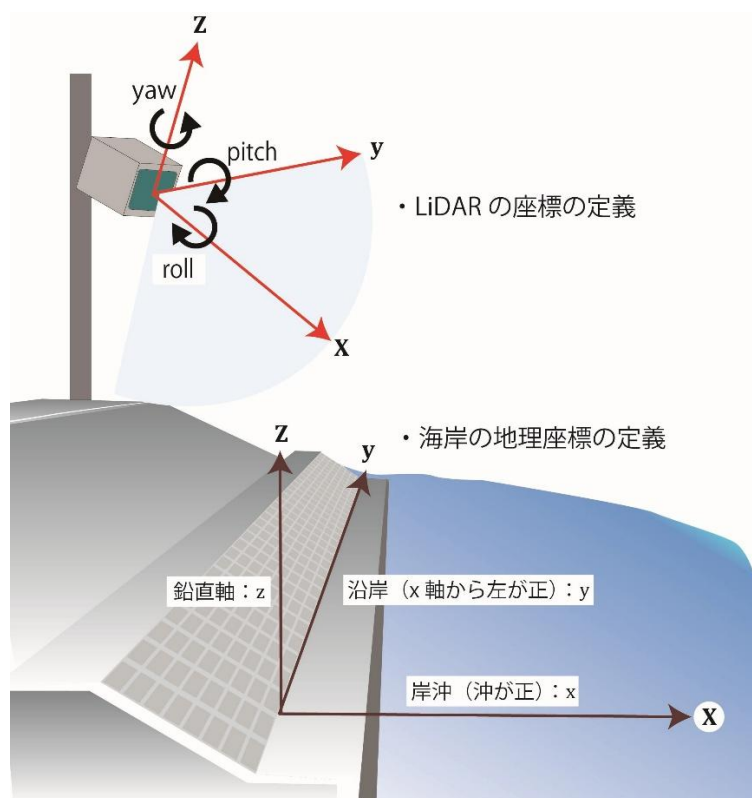


図-5.2 LiDAR センサー機器の座標系と地理座標系の定義  
(図-5.1 に付記)

### 5.2.1 標定点の設定及び現地における地理座標系の座標取得

LiDAR センサー機器の観測範囲内において、標定点を設定し、LiDAR センサー機器の座標と関連付けるための地理座標系の座標データを取得する。標定点は、理論的には 3 点あれば座標変換可能であるが、岸沖方向、沿岸方向に幅をもって設定した方が座標変換時の精度が担保されるため、標高が既知である天端等の位置も含め 10 点程度は座標点データを取得することが望ましい。

現地での座標取得にあたっては、RTK-GNSS による受信機を用いて、標定点の平面直角座標及び標高（日本測地系 2024 (JGD2024)）を求めるものとする。GNSS 単独による受信機では精度が低く、誤差が数 m~10m 程度生じることもあり、GNSS 単独による座標取得では、適切な座標変換を行えない可能性が高い。一方、RTK-GNSS では精度が高く、誤差も数 cm 以内に抑えることが期待できる。そのため、現地の地理座標系の座標取得を行う際は、必ず RTK-GNSS（もしくはそれ以上の精度を有する技術）を用いて座標取得を行うものとする。

## 5.2.2 標定点における LiDAR 座標の取得

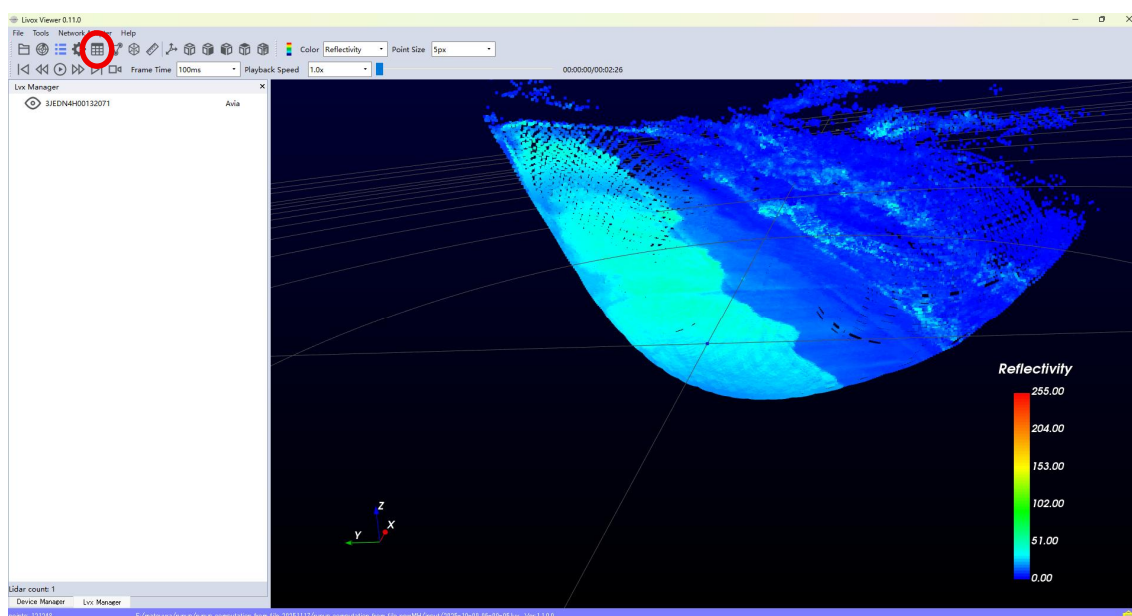
前項で設定及び地理座標系の座標を取得した標定点における LiDAR センサー機器の座標の取得手順を記載する。手順としては、以下に示す手順1～手順4を標定点の数分を繰り返し実施する。

手順1：Livox Viewer のアプリケーションを起動し、LiDAR 点群情報閲覧画面を表示する。

手順2：アプリケーション上で、Spreadsheet を選択し、詳細情報画面を開く（**図-5.3** 参照）

手順3：Spreadsheet の詳細画面（右端に表示）から、AreaSelection を選択する（**図-5.4** 参照）

手順4：点群データから取得したい点（RTK-GNSS 位置）をクリックすると、取得したい点が赤点で強調表示され、その点の LiDAR センサー機器の座標（X・Y・Z 座標）が表示されるため、その点の X・Y・Z 座標を記録する（**図-5.5** 参照）



**図-5.3** LivoxViewer における Spreadsheet ボタンの位置（手順2）

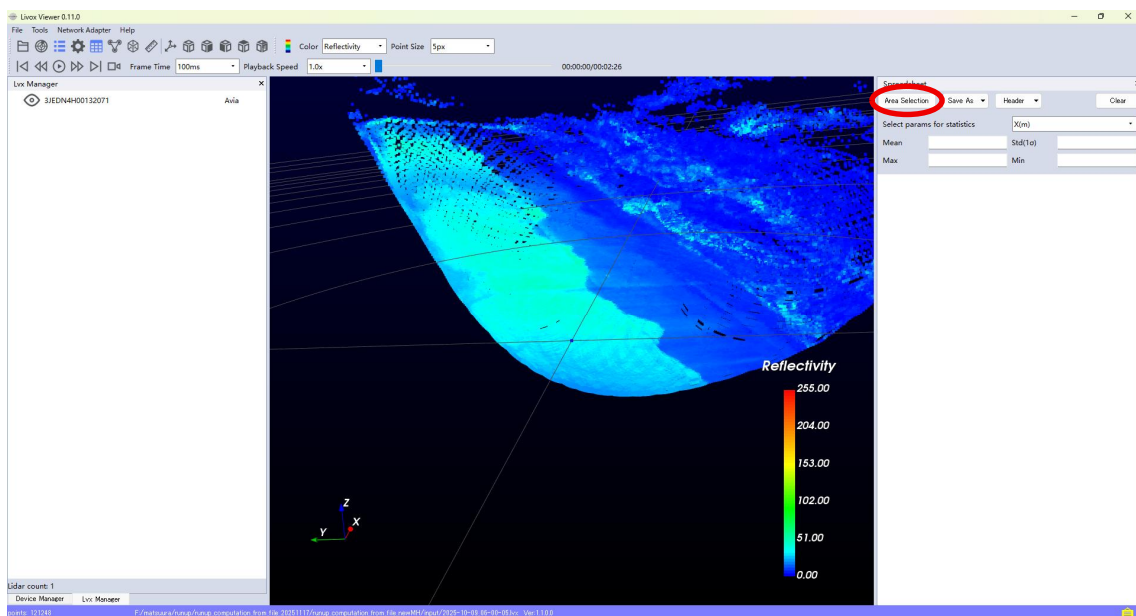


図-5.4 Spreadsheet 詳細画面内の AreaSelection ボタンの位置 (手順 3)

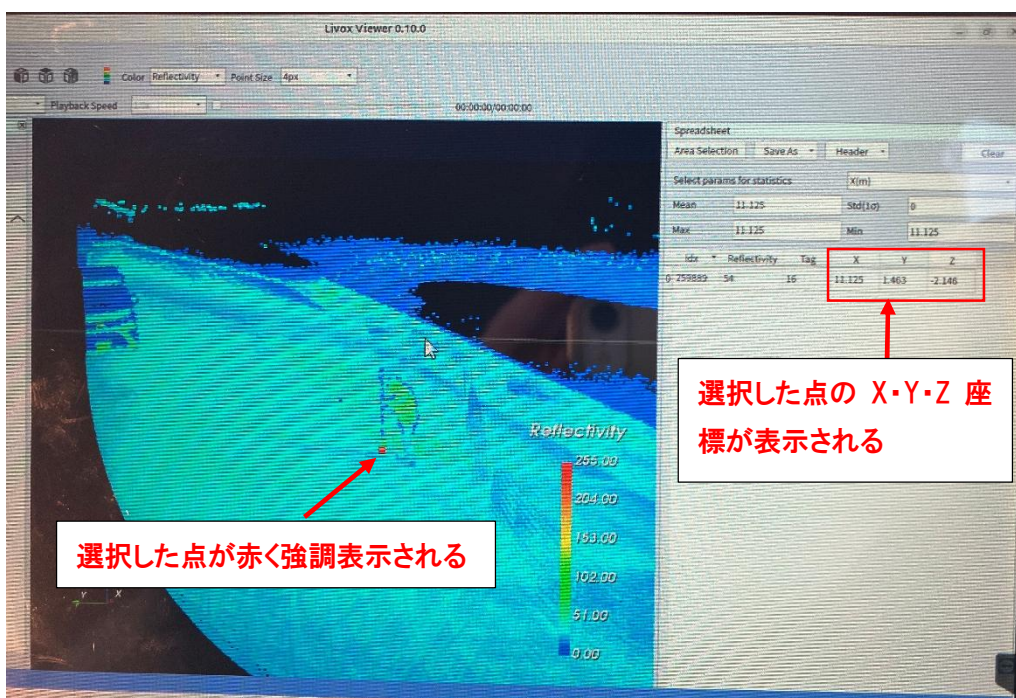


図-5.5 選択した点の LiDAR センサー機器の X・Y・Z 座標 (手順 4)

### 5.3 標定点における地理座標系の座標及びLiDAR センサー機器の座標の関連付けのためのパラメータ推定

前節 (5.2) で取得した座標データ及び以下に示すプログラムを用いて、LiDAR で得られる座標情報を地理座標系の座標へ変換するためのパラメータを推定する。以下に示す手順 1~4 を実施して推定する。

手順 1 : GCP.csv ファイルを作成する。GCP.csv ファイルには、LiDAR の X・Y・Z 座標と対応する地理座標系の座標を 1 行で入力する。なお、区切り文字は「, (カンマ)」を使用するものとする。LiDAR センサー機器による観測において、標定点は複数 (10 点程度) 設定する必要があるため、GCP.csv ファイルには、10 行程度の座標が記載されることとなる (図-5.6 参照)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	No	xl	yl	zl	X	Y	Z	
2	4	41.514	-9.53	-10.86	-115228	-2391.69	2.433	
3	6	70.773	18.062	-9.402	-115210	-2355.97	2.9719	
4	7	87.351	26.892	-9.262	-115206	-2337.46	2.6734	
5	8	108.555	42.047	-8.54	-115198	-2313.13	2.2842	
6	9	107.267	13.968	-10.295	-115224	-2322.31	1.1006	
7	10	84.068	4.82	-10.776	-115226	-2347.13	1.6357	
8	11	57.477	-20.72	-12.027	-115243	-2380.04	1.3308	
9	12	56.206	-34.892	-12.993	-115256	-2385.22	0.8812	
10	13	37.379	-9.029	-10.861	-115226	-2395.74	2.6592	
11	14	36.243	5.938	-9.69	-115211	-2392.42	3.4817	
12								

図-5.6 GCP.csv の例

手順 2 : プログラム「tune\_all\_parameters.py」を起動する。起動すると、手順 1 で作成した GCP.csv を参照し、自動で必要なパラメータの推定計算が行われる。計算結果として、「roll」「pitch」「yaw」「xo」「yo」「zo」の値が出力されるため、これらの値を記録しておく (xo、yo のパラメータは参照値) (出力結果例は図-5.7 参照)。

```
(base) mnishikori@JWA24276:~/skip/runup_computation_from_file/sizuoka$ python tune_all_parameters.py
roll = -1.3243471374177986 [deg]
pitch = 1.151032493485879 [deg]
yaw = -16.732421895211825 [deg]
xo = -2428.6801456243174 [m]
yo = -115206.34450442 [m]
zo = 14.077341264791244 [m]
Error table
[[-0.2656477 -0.04528938 0.17571604]
 [ 0.00042194 -0.00251017 -0.13120307]
 [-0.09280063 0.01475182 -0.22982603]
 [ 0.25076716 0.06938766 0.10489634]
 [ 0.08605004 -0.11506404 0.20902785]
 [ 0.04687258 0.03511873 -0.12943878]
 [ 0.12198773 0.13002264 0.04937204]
 [-0.01112124 0.12075436 -0.11356383]
 [-0.03161968 -0.11274288 0.02000335]
 [-0.104558 -0.09443868 0.04492435]]
```

図-5.7 tune\_all\_parameters.py による出力結果例

手順 3：手順 2 のプログラムから得られる yaw の値は、東側を 0°、反時計回りを正とした場合の LiDAR センサー機器の設置方向の結果である。そのため、LiDAR センサー機器の設置方向に応じて、yaw のパラメータの値を補正する必要がある。よって、以下に示す手順で yaw の値を補正することとする。

手順 4：各種パラメータを決定する。最終的なパラメータは以下となる。

- roll : 手順 2 で出力された値
- pitch : 手順 2 で出力された値
- yaw : 手順 2 で出力された値を手順 3 で補正した値
- xo : 0
- yo : 0
- zo : 手順 2 で出力された値

### < yaw の補正方法 >

上記で示したとおり、手順 2 のプログラムから得られる yaw の値は、東側を 0°、反時計回りを正とした場合の LiDAR センサー機器の設置方向の結果である。

測線の方位（対象海岸で岸から沖に向かう方向角）を alpha とした時、yaw の値は手順 2 のプログラムで得られた yaw の値から上記の alpha の角度を減じる必要がある。

例えば、LiDAR 視線方位（手順 2 で得られた yaw の値）が -143°であり、測線の方位が 168°の場合（図-5.8 参照）は以下となる。

$$\begin{aligned}
\text{補正後の yaw 値} &= \text{手順 2 で得られた yaw 値} - \text{測線の方位} \\
&= -143 - 168 = -311 \\
&= -311 + 360 = 49
\end{aligned}$$

すなわち、LiDAR の視線方向から  $49^\circ$  正の向きに回転した方位が測線の方角  $168^\circ$  となる(図-5.9 参照)。なお、上記例では正の値とするため  $360$  を加えて最終的な yaw 値を  $49^\circ$  としたが、 $-311^\circ$  として整理しても問題ない。

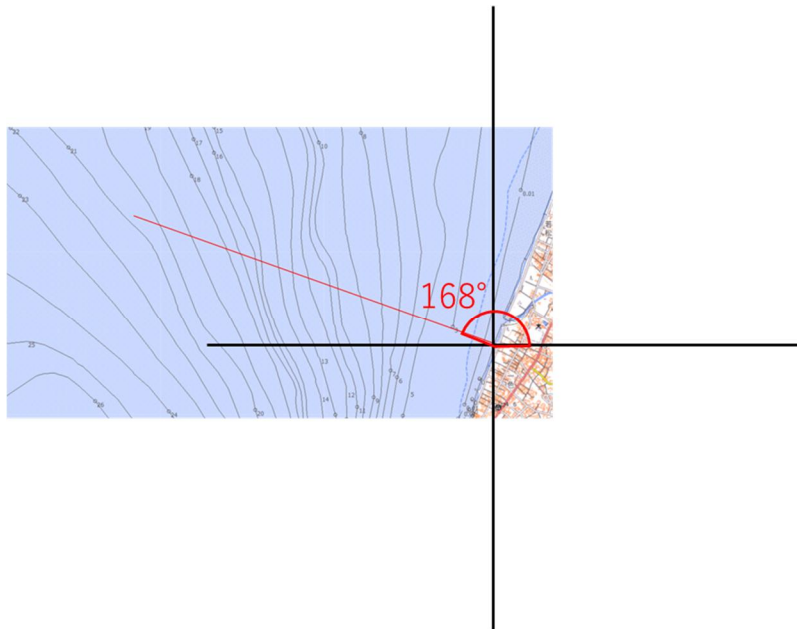


図-5.8 yaw 値を補正する際の測線条件 (例)

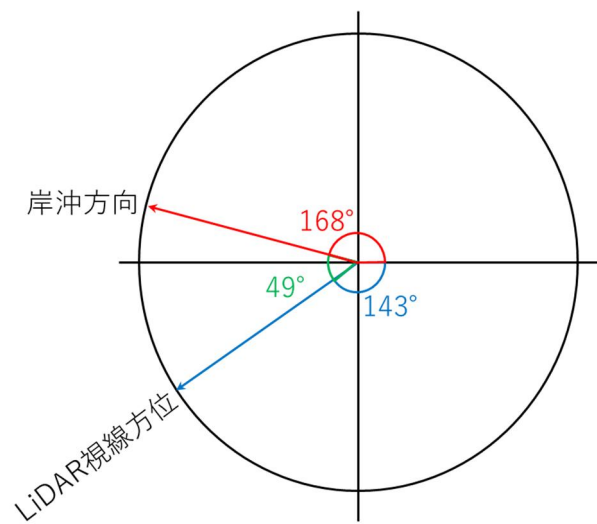


図-5.9 手順 2 で算出される yaw 値と補正後の yaw 値の関係 (例)

#### 5.4 特定したパラメータの設定ファイルへの反映

前節 (5.3) で推定した各種パラメータ内容について、以下に示す。

5.2 で示したように、LiDAR 座標系では、光軸方向を X 軸の正、X 軸と直交し左向きを Y 軸の正 (仰角) と定義しており、roll[°]の値は、X 軸周りの回転補正に、pitch [°]の値は Y 軸周りの回転補正に用いられるパラメータとなっている。

roll 及び pitch の回転で水平面が決定されると、Z 軸は鉛直軸となる。そこで、地理座標系の X 軸を岸沖方向となるように Z 軸周りの回転を yaw[°]で指定する。

なお、y\_target の値は、LiDAR センサー機器設置位置から測線までの距離を入力するパラメータである。

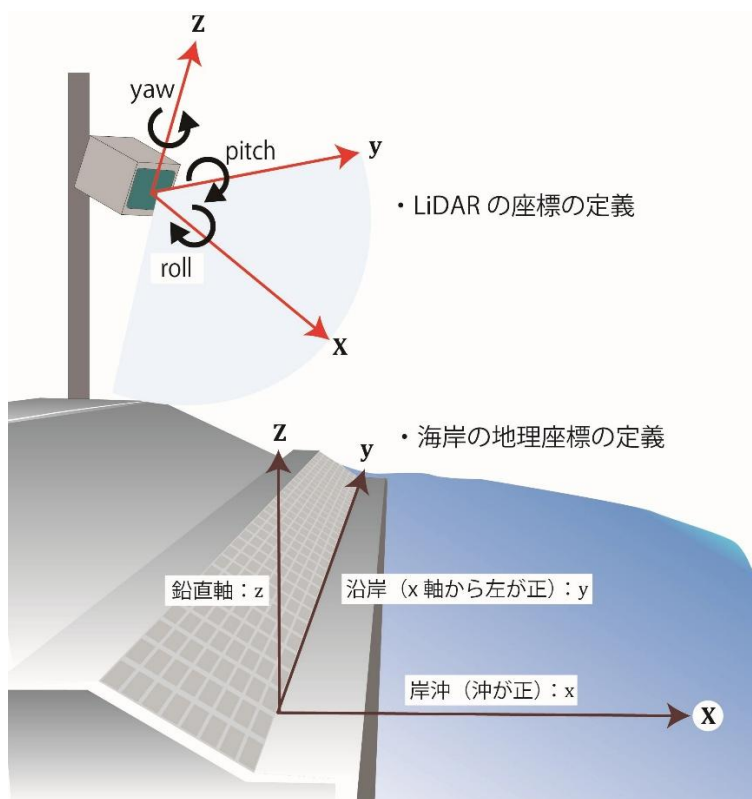


図-5.2 (再掲) LiDAR センサー機器の座標系と地理座標系の定義

これらの推定した各種パラメータを以下の設定ファイル（parameter\_list.txt）に反映する。

設定ファイル名	parameter_list.txt
ファイルのパス	/home/uchiage/lidar_runup_observer/parameter_list.txt
書式（ヘッダあり）	カンマ区切り
文字コード	UTF-8
コメント	%で始まる行

parameter\_list.txt の詳細を以下に示すが、観測機器・箇所によって変更するparameter\_list.txt 内のパラメータは以下の項目である。

- roll : X 軸周りの回転補正
- pitch : Y 軸周りの回転補正
- yaw : Z 軸周りの回転補正
- zo : LiDAR センサー機器の設置高さ
- y\_target : LiDAR センサー機器と観測対象測線の距離
- x\_struct : 複数の標高点が含まれる範囲
- z\_wall : 護岸高さ
- SN\_code : 使用する LiDAR センサー機器のシリアル番号
- dt0 : 1 フレームあたりの時間

parameter\_list.txt (赤文字：変更箇所、青文字：パラメータ説明)

```
% -----  
% Minimal starter for Mihama  
% -----  
% ----- parameter list -----  
% lidar parameter  
roll, -1.016 ※LiDAR 座標系で光軸方向を X 軸の正と定義、X 軸周りの回転を指定[度]  
pitch, 14.905 ※X 軸と直交し左向きを Y 軸の正と定義 (仰角)、Y 軸周りの回転を指定[度]  
          ※roll,pitch の回転で水平面が決定される。  
yaw, 55      ※地理座標系の X 軸を岸沖方向となるように Z 軸周りの回転を指定[度]  
xo, 0.0      ※基準点の平行移動 (岸沖方向、陸から海方向を正) [m]  
yo, 0.0      ※基準点の平行移動 (沿岸方向、測線左向きを正) [m]  
zo, 7.4      ※基準点の平行移動 (鉛直方向、上向きを正、LiDAR 高さ) [m]  
SN_code, 3JEDN4H00132071 ※用いる LiDAR センサー機器のシリアル番号  
dt0, 0.1998 ※1 フレームあたりの時間[秒] (デフォルトは 5.005Hz のため、0.1998 s)  
%  
% domain setting  
dx, 0.05     ※解析データのグリッド解像度[m]  
dx0, 0.10    ※点群を検出する際の岸沖方向の幅[m]  
dy, 0.05     ※解析データのグリッド解像度[m]  
dy0, 0.50    ※測線を中心とする観測対象の幅[m]  
dz, 0.01     ※解析データのグリッド解像度[m]  
dz0, 0.10    ※不使用  
y_target, 15.0 ※測線を LiDAR 位置 (原点) から何[m]平行移動したところに設定するか  
xmin, -2.    ※岸沖方向 x の解析範囲[m]  
xmax, 60.    ※岸沖方向 x の解析範囲[m]  
zmin, -2.0   ※鉛直方向 z の解析範囲[m]  
zmax, 8.0    ※鉛直方向 z の解析範囲[m]  
%  
% anglular domain setting  
phimin, -40  ※水平角 (方位角  $\phi$ ) の使用範囲[度]  
phimax, 40   ※水平角 (方位角  $\phi$ ) の使用範囲[度]  
sigmin, -40  ※仰角 ( $\sigma$ ) の使用範囲[度]  
sigmax, 40   ※仰角 ( $\sigma$ ) の使用範囲[度]  
ND, 2001     ※角度空間の分割数 (グリッド解像度)
```

```

%
% time setting
dt, 0.6          ※点群を増やして解析するために再サンプリングする時間刻み[秒]
                  分析タイムステップ(デフォルトの 0.6s は、0.1998 x 3 に相当)
tmax, 585       ※1 ケースで処理する最大時間[秒]
%
% runup setting
dmax, 0.2       ※変更不要。水面と判定する“厚み”のしきい値[m]
x_struct, 20    ※複数の標高点（護岸、消波ブロック等）が含まれる範囲（沖側端）[m]
                  (x < x_struct 内でだけ、護岸・消波構造物等の影響を考慮)
x_continue, 3   ※変更不要。汀線の候補地点から沖側の区間内に水面と判定された点群が連
                  続して存在しないと汀線の候補を棄却する長さ[m]
Tm, 1.0         ※抽出された汀線の移動平均フィルタの時間ウィンドウの幅[秒]
z_wall, 5.4     ※護岸高さ[m]
%
% File setting
main_folder, /home/uchiage/lidar_runup_observer/
                  ※うちあげ高解析のベースフォルダ指定
save_folder, ./data/      ※点群データの保存先指定
out_folder,  ./output/    ※観測結果の保存先指定
runup_csv,   runup.csv    ※観測結果の取りまとめファイルのファイル名
topo_csv,   topo.csv     ※観測結果の取りまとめファイルのファイル名
%

```

## 第6章 うちあげ高観測データの解析と処理

本章では、LiDAR センサー機器によるうちあげ高観測データの解析フローと、入出力ファイル、設定ファイルについて解説する。

### 6.1 うちあげ高データ解析プログラムと入出力ファイル

#### (1) うちあげ高データ解析プログラムの処理フロー

LiDAR センサー機器に加えて Web カメラを併用する場合のうちあげ高データ取得プログラムの処理フローを図-6.1 (図-4.8 再掲) に、LiDAR センサー機器のみで観測を実施する場合の処理フローを図-6.2 (図-4.9 再掲) に示す。第4章で実施したうちあげ高データ取得プログラムの設定は、データ処理プログラムにも同時に適用される仕様であるため、解析にあたって特段の設定は必要ない。

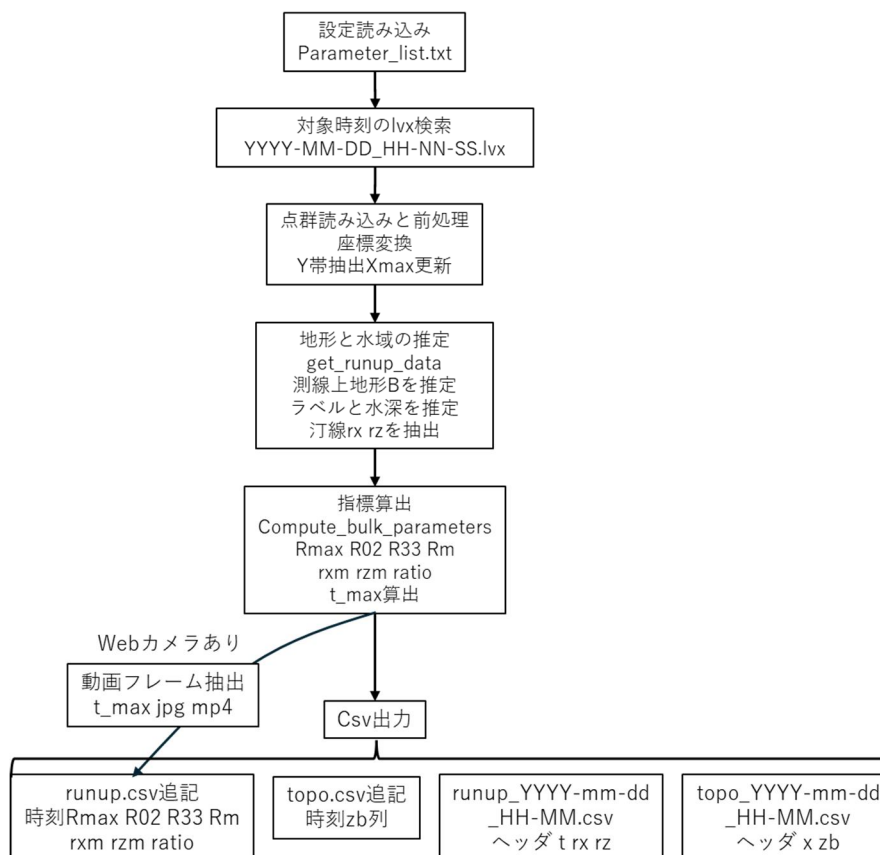


図-6.1 LiDAR センサー機器と Web カメラを併用した場合のうちあげ高データ取得プログラムの処理フロー図 (図-4.8 再掲)

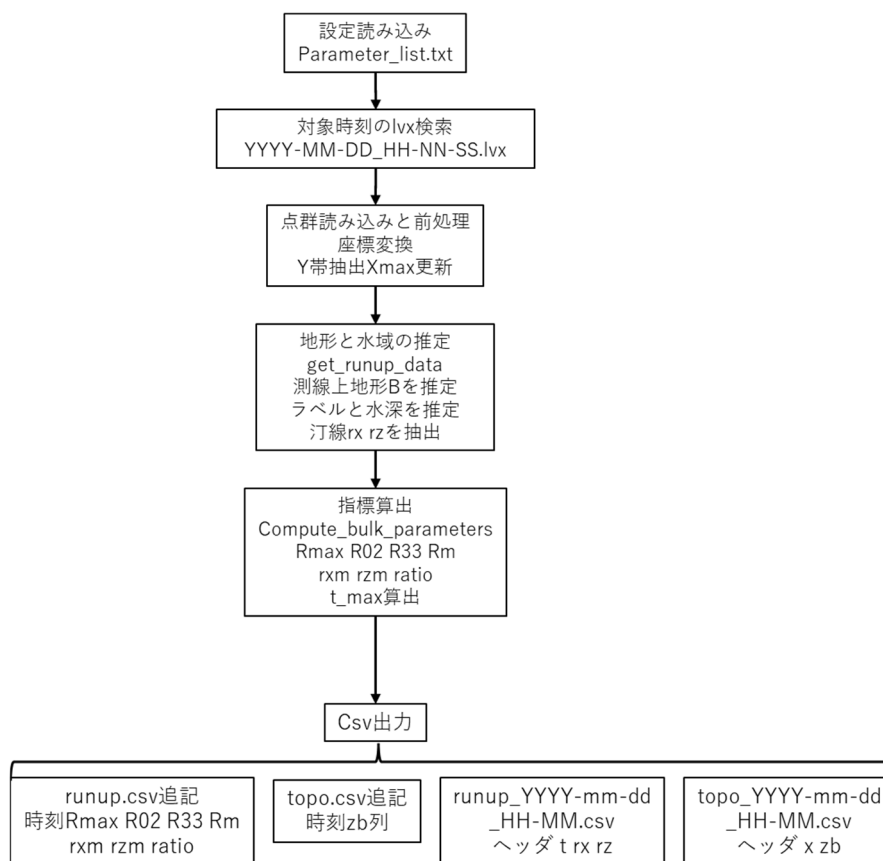


図-6.2 LiDAR センサー機器のみで観測を実施する場合の  
うちあげ高データ取得プログラムの処理フロー図 (図-4.9 再掲)

(2) うちあげ高データ解析プログラムとその実行方法

うちあげ高データ取得プログラムは以下のプログラムである。

➤ runup\_comptation\_realttime.py

本プログラムは、MainRoutine.sh で読み込まれ、自動実行されるプログラムと  
なっているため、プログラム単独での実行の必要はなく、上記の sh ファイルを実  
行すればよい。

(3) うちあげ高データ解析プログラムへの入力ファイル

所定のフォルダにある、以下のファイルを読み込み、処理を実行する。

➤ 計測点群データ (ファイル拡張子: .lvx)

※Livox Avia でのデータ保存形式

➤ 撮影動画ファイルデータ (ファイル拡張子: .mp4)

日時が含まれるファイル名を読み込み、日付及び分が一致する.lvx と.mp4 をペ  
アとして読み込み、順次処理する仕様となっている。秒がずれて一致しない場合  
でも処理は行われる。

(4) うちあげ高データ解析プログラムへの出力ファイル

(3) のファイルを読み込み、処理を実行すると、以下の 6 つのファイルが出力される。

- 共通ファイル
  - **runup.csv** ファイル (最終結果ファイル)
  - **topo.csv** ファイル (最終結果ファイル)
  - **runup\_YYYY-mm-dd\_HH-MM.csv** (個別時刻ファイル) (中間ファイル)
  - **topo\_YYYY-mm-dd\_HH-MM.csv** (個別時刻ファイル) (中間ファイル)
  - MP4 から JPEG へのフレーム保存ファイル (Web カメラ併設の場合)
- ※参考

1) 共通ファイル

出力先のパスは「**parameter\_list.txt**」(5.4 参照) ファイル内の「**out\_folder**」のパラメータで指定する。1 つの.lvx ファイルの処理に対して、2)~5)に示す 4 ファイルを出力する。タイムスタンプ形式は、2)~3) と 4)~5)で異なっており、以下に形式と例を示す。

2)~3)のタイムスタンプ形式

- **timestamp\_upload = YYYY/MM/DD HH:MM**  
(例 : 2025/10/14 09:20)

4)~5)のタイムスタンプ形式

- **timestamp = YYYY-MM-DD\_HH-MM**  
(例 : **runup\_2025-10-14\_09-20.csv**)

なお、4)~5)のファイルの出力において、NaN は '-' に置換して保存している。

2) **runup.csv**

出力先のパス及びファイル名は「**parameter\_list.txt**」(5.4 参照) ファイル内の「**out\_folder**」及び「**runup.csv**」のパラメータで指定する。本ファイルには、以下の 8 項目が記載される。

- 時刻
- 最大うちあげ高 (**Rmax**)
- うちあげ高上位 2%代表地 (**R\_02**)
- 上位 1/3 平均うちあげ高 (**R13**)
- 平均遡上高 (**Rm**)
- 汀線位置の平均 (x 軸) (**rxm**)

- 汀線位置の平均 (z 軸) (rzm)
- 有効データ率 (Ratio)

ファイルには、上記 8 項目が 1 行で記載される形式となっており、本ファイルのヘッダは記載されない。

例 (1 行) : 2025/10/14 09:20, 2.10, 1.88, 1.70, 1.52, 18.4, 3.50, 0.76

### 3) topo.csv

出力先のパス及びファイル名は「parameter\_list.txt」(5.4 参照) ファイル内の「out\_folder」及び「topo.csv」のパラメータで指定する。本ファイルには、以下の 2 項目が記載される。

- 時刻
- 観測地形断面 (zb(xn))

ファイルには、上記 2 項目が記載される形式となっており、観測地形断面は x 格子数分が列挙される形となる。なお、本ファイルのヘッダは記載されない。ここで xb(xn) は y 方向最小 (min\_y) で抽出した B(x,y) の列である。

例 : 2025/10/14 09:20, -0.12, -0.10, -0.07, ..., 1.84

### 4) runup\_YYYY-mm-dd\_HH-MM.csv (個別時刻ファイル)

出力先のパスは「parameter\_list.txt」(5.4 参照) ファイル内の「out\_folder」のパラメータで指定する。本ファイルには、以下の 3 項目が記載される。

- 0 起点の分析時刻 (秒相当。dt はパラメータで設定) (t)
- 汀線位置 (x ; 岸沖方向) (rx)
- 汀線高さ (z) (rz)

ファイルには、上記 3 項目が記載され、分析タイムステップ毎に行別に追記される。なお、1 行目にはヘッダが記載される形式となっている。

例 :    t,rx,rz  
           0.0, 15.2, 1.02  
           0.6, 15.5, 1.08  
           ...

### 5) topo\_YYYY-mm-dd\_HH-MM.csv (個別時刻ファイル)

出力先のパスは「parameter\_list.txt」(5.4 参照) ファイル内の「out\_folder」のパラメータで指定する。本ファイルには、以下の 2 項目が記載される。

- 岸沖方向の座標 (xt の各点) (x)
- その地点の地形高 (Bm) (zb)

ファイルには、上記 2 項目が記載され、x 格子毎に行別に追記される。なお、1 行目にはヘッダが記載される形式となっている。

例： x,zb  
-2.00,-0.15  
-1.95,-0.14  
...

6) MP4 から JPEG へのフレーム保存ファイル (Web カメラ併設の場合)

計算で得られた 最大遡上時刻  $t_{rmax}$  におけるフレームを、対応する MP4 から切り出して JPEG 画像として保存する処理について記載する。本ファイルは、以下の 2 条件を満たした場合のみ保存される。

- 入力フォルダ ( $\{main\_folder\}$  または処理対象の  $folder$ ) に、 $timestamp*.mp4$  に一致する mp4 がちょうど 1 本存在すること
- 計算で求めた  $t_{rmax}$  が有効 (NaN ではない) であること

以下に処理の手順を記載する。

- 手順 1 : 入力フォルダに格納されている MP4 を開き、フレームレート  $fps$  と  $t_{rmax}$  からフレーム番号を計算
- 手順 2 : 対応するフレームヘシークして 1 枚取得する
- 手順 3 : 取得したフレームを 1/4 に縮小する ( $fx=0.25, fy=0.25$ )
- 手順 4 :  $\{out\_folder\}/\{timestamp\}.jpg$  に JPEG 形式で保存する

## 6.2 出力結果の詳細

観測は毎正時から 10 分毎に約 10 分間 (585 秒) 実施される。

5.4 の設定により、LiDAR センサー機器による測線上のうちあげ高は、時間間隔 0.5994 秒毎に検出され、10 分間 (585 秒) うちあげ高時系列データが作成される。

※dt : 0.6 秒 (LiDAR の 1 フレーム当たりの観測は 5.005FPS で行われている (時間間隔は 0.1998 秒)。なお、点群データ数を確保するため 3 フレーム分のデータをまとめていることから、3 倍した時間 0.5994 秒としている。)

この時系列データから、統計処理を行って以下の値を算出する。

- $R_{max}$  最大うちあげ高
- $R_{2\%}$  2%超過うちあげ高
- $R_{1/3}$  上位 1/3 平均 うちあげ高  
(うちあげ高の大きい方から 1/3 を平均した高さ)

## 第7章 うちあげ高観測機器の保守管理

### 7.1 観測機器全体の定期点検

現地データ収録処理装置の HDD の空き容量を確認し、適宜交換を行う。

また、観測支柱、支線（ステイワイヤー）、収納ボックス（金属の場合）等、さび・汚れを落とす。

なお、観測場所によっては、満潮時の作業は避け、干潮時に作業を行うことが望ましい。

また、定期的に LiDAR センサー機器の角度が設置時から変化していないことを確認する必要がある。その具体的な方法は 7.2 に記載するが、LiDAR センサー機器の角度が設置時から変化した場合、5 章で設定した座標の関連付け等のパラメータ設定との不一致が生じ、取得データの誤差が生じて正常な値の取得ができなくなり、座標の関連付け等の作業は再度実施する必要があるため、設置角度が変化しないよう強固に固定した上で、角度が変化していないことを定期的に確認する必要がある。

### 7.2 LiDAR 観測機器のメンテナンス

観測を正常に実施するために、画角のずれがないか、センサー面の汚れがないかを確認する。

画角のずれは、出力ファイル「topo.csv」（地形データ）に変化がないかを確認することで可能である。アプリケーションを利用して LiDAR の X・Y・Z 座標が設置時から変化していないことを確認することでも可能であるが、X・Y・Z 座標での確認においては、確認する点を毎回一致させる必要があること、確認する点は 10 点程度は必要であることから、上記の「topo.csv（地形データ）」の変化により確認する方法が簡易に画角の確認が実施できる。

消波工が設置されている場合など、しぶきが生成されやすい地点では、塩分付着によるセンサー面の汚れが顕著である。塩分等でセンサー面が汚れると正常に測定できなくなるため、定期点検に加えて擾乱通過後のセンサーの状況を確認する必要がある。

センサー面が汚れて正常にデータが取れない場合は、センサー面を霧吹き等を用いて真水で濡らした上で、柔らかい布等で拭くことで、再度正常なデータが取得できるようになる。そのため、台風来襲前等は、事前に正常なデータが取得できていることを確認しておく必要がある。

なお、LiDAR センサー機器の設置角度によっては、センサー面が汚れて正常にデータが取れない状態になった場合でも、センサー面の汚れが降雨により洗い流され、再度正常なデータ取得が可能になる場合もある。そのため、設置後、数カ月は頻繁に状況を確認しておくことが望ましい。

## 巻末資料 1 検証時に用いたリモートメンテナンスソフトウェアのインストール及び設定手順（参考）

本節では、参考として検証時に用いたソフトウェアのインストール方法及び設定方法について手順を記載する。ただし、必要な機能を有していれば、検証時に用いたソフトウェアでなくても問題なく、ソフトウェアの設定方法は各ソフトウェアによって異なるため、必要に応じて利用するソフトウェアのマニュアル等を参照して設定することとする。

表-巻末.1 検証時に利用したソフトウェア（表-4.1 に付記）

ソフトウェア	役割	検証時に用いたソフトウェア名
VPN ソフトウェア	PC（データ収録処理装置）を遠隔操作するための専用回線（VPN）を構築するソフトウェア。	Hamachi
SSH ソフトウェア	PC（データ収録処理装置）を遠隔操作（SSH）するためのソフトウェア	Tera Term
SFTP ソフトウェア	VPN 接続した PC（データ収録処理装置）とデータの送受信を行うためのソフトウェア	WinSCP

### 手順 1 : Hamachi のダウンロード・インストール

- 1) インターネットに接続されているリモート作業用 PC（手元端末）にて下記 URL にアクセスし、**Sign up** からアカウントを作成する。  
（※アカウント作成後、ログインして設定台数に応じた有料プランに加入する）  
URL : <https://vpn.net/>
- 2) Hamachi のインストーラをダウンロードし、インストーラを実行する。

### 手順 2 : Hamachi の設定

- 1) インストール完了後、Hamachi を起動してログインを行う。
- 2) 「ネットワーク」タブ、「新規のネットワーク作成」を選択してネットワーク ID 及びパスワードを設定する。
- 3) ネットワーク名を右クリックし、「アクセス許可の設定」を選択して「すべての新規メンバを手動で承認する」にチェックを入れて OK を押す。
- 4) データ収録処理装置のコンソールを開き、以下のコマンドでインストールを実施する。

```
wget https://www.vpn.net/installers/logmein-hamachi_2.1.0.203-1_amd64.deb
sudo dpkg -i logmein-hamachi_2.1.0.203-1_amd64.deb
```

- 5) 以下のコマンドで表示名を設定する。

```
sudo hamachi set-nick <表示名>
```

- 6) 以下のコマンドで設定したネットワークグループにログインする。

```
sudo hamachi do-join <ネットワーク ID> <パスワード>
```

- 7) リモート作業用 PC (手元端末) の Hamachi にてデータ収録処理装置のネットワーク参加を許可する。設定後のリモート作業用 PC の Hamachi の画面例を **図-巻末.1** に示す。



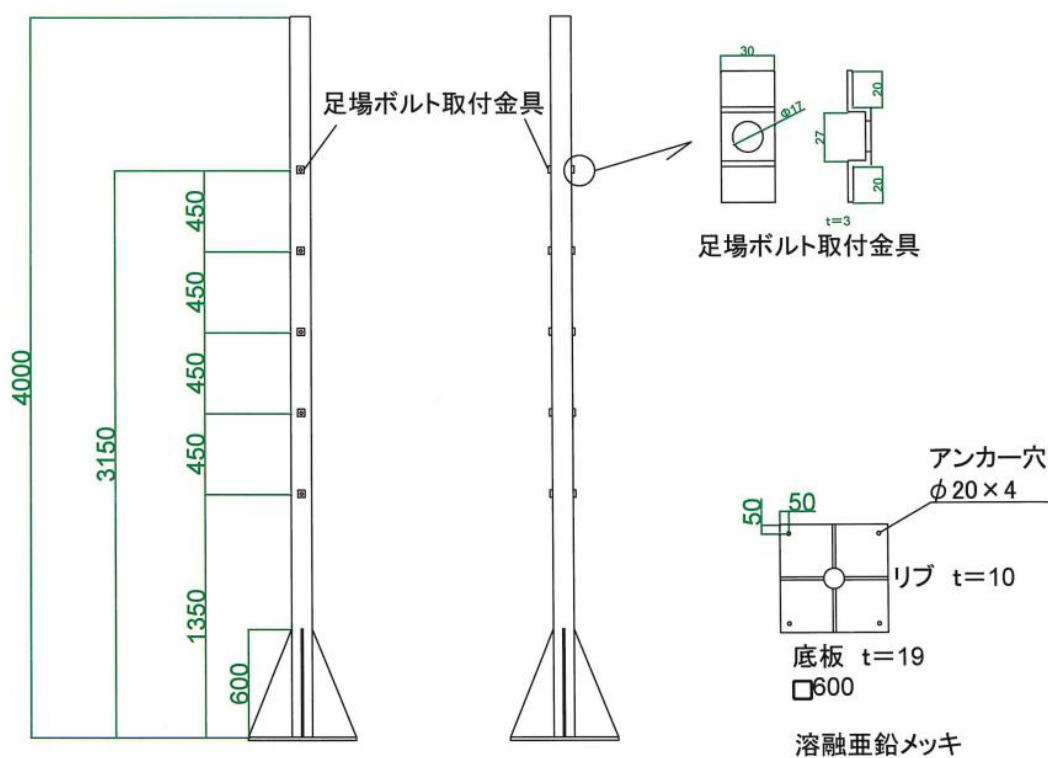
**図-巻末.1** リモートメンテナンス構成図

- 8) リモート作業用 PC (手元端末) で TeraTerm を開き、TCP/IP のホスト欄に Hamachi の画面に表示されているデータ収録処理装置の IP アドレスを入力し、

データ収録処理装置に設定されているユーザ名とパスワードでログインができることを確認する。

## 巻末資料 2 検証時に設置した観測柱の図面等（参考）

本節では、参考として検証時に設置した観測柱の設計図面（**図-巻末.2**）及び設置写真（**写真-巻末.1**）を示す。検証時は短期間における設置であったため、観測柱の表層に溶融亜鉛メッキを塗布した上で設置したが、頻繁に波が直接作用する箇所に設置した観測柱は、半年間の短期間の設置期間においても劣化が進行していた（**写真-巻末.2**）。そのため、長期間に渡って設置する場合は、塩によるさび等を考慮し、適切な材質を選定し、観測柱を設計・設置することに留意する。



**図-巻末.2** 検証時に設置した観測柱の設計図（参考）



写真-巻末.1 観測柱に設置する方法 (写真-5.2 再掲)



写真-巻末.2 劣化が進行した観測柱の状況