

自律走行システム特論（第3回）

Micro Mechnronics (3rd)

- 自己位置推定（ジャイロオドメトリ）

Self-Localization (Gyro-Odometry)

- 解説とプログラムによる実習

Theoretical explanations, and the practical training with programming

- LiDAR(light detection and ranging)の説明と使い方

Explanation of LiDAR (light detection and ranging) and how to use it

- 解説とプログラムによる実習

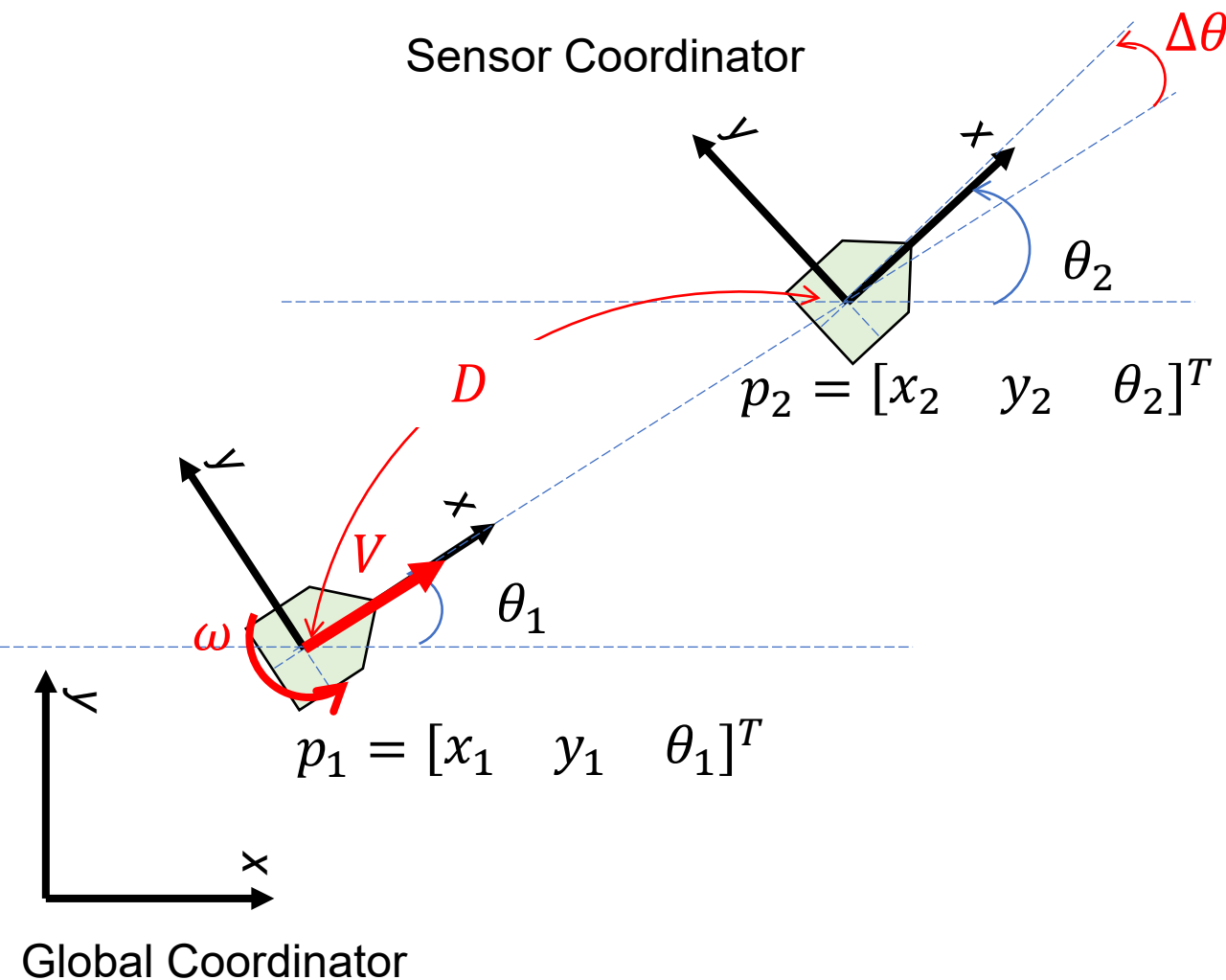
Theoretical explanations, and the practical training with programming.

- 課題の確認と考察（オドメトリ、IMU）

Confirmation and discussion for assignments (Gyro-Odometry, LiDAR).

ジャイロオドメトリの概要

Overview of Gyro-Odometry



ホイールオドメトリによる位置推定
Estimated Positions using Wheel Odometry

$$\begin{cases} x_2 = \cos\theta_1 \cdot D + x_1 \\ y_2 = \sin\theta_1 \cdot D + y_1 \\ \theta_2 = \Delta\theta + \theta_1 \end{cases}$$

入替え Replace

IMUによる姿勢推定
Estimated Angles using IMU

$$\Theta_{fusion} = K \cdot \Theta_{gyro} + (1 - K) \cdot \Theta_{accel}$$

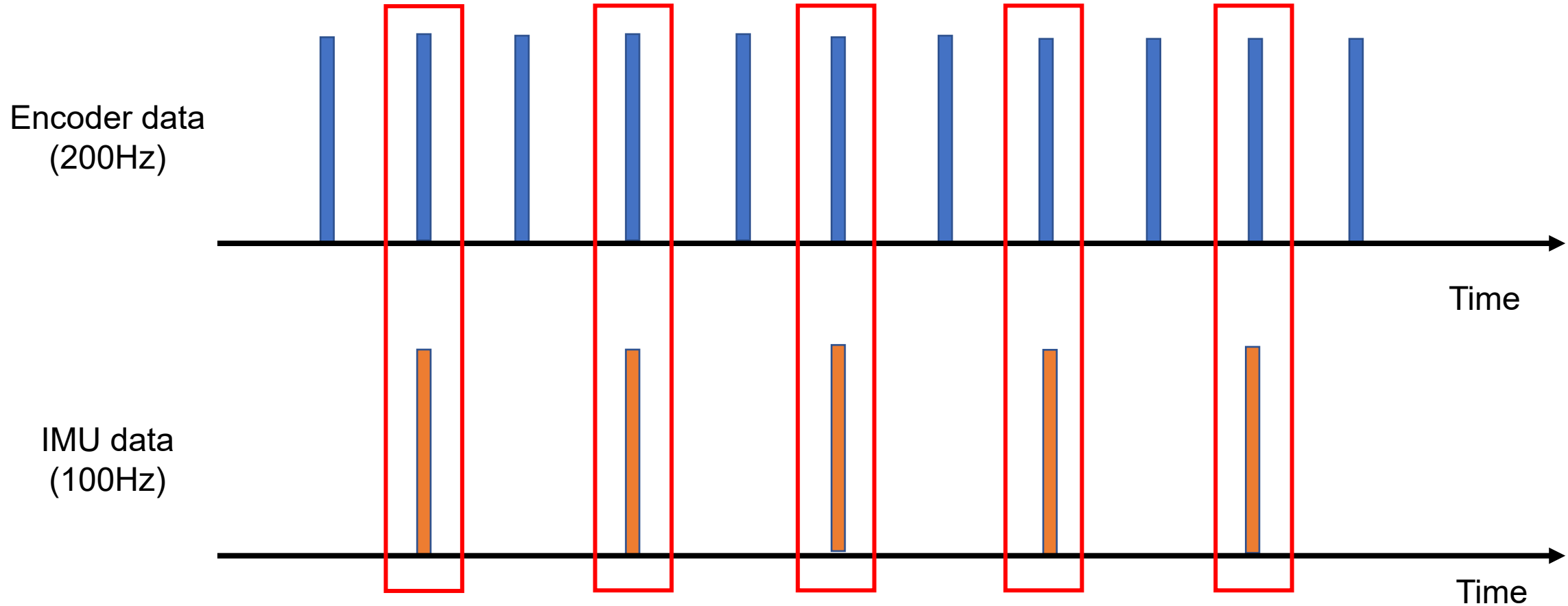
<Yaw angle>

$$\psi(t) = \psi(t - 1) + \dot{\psi} \cdot dt$$

センサデータの時間管理が重要

Time management of sensor data is important.

複数センサデータの時間同期 Time synchronization of multi-sensor data



センサデータのタイムスタンプを利用して、同じ時間のデータを活用する
Utilize several sensor data with the same time by using timestamp

プログラムによる実習（ジャイロオドメトリ）

Practical training with programming (Gyro-Odometry)

- ジャイロオドメトリを用いた自己位置推定プログラムを作成して提出する

Create and submit a self-positioning program using Gyro-Odometry.

- 推定した位置(x,y)、方位(t-yaw)、速度(t-v)をグラフにして提出する

Submit a graph of your estimated position(x,y), direction(t-yaw), and velocity(t-v).

- ファイルデータ形式 Data Format in Input file

Same as before..

- パラメータ Parameters

....

LiDARの種類

Types of LiDAR

<種類 Types>

□メカニカルスキャン方式 Mechanical Scan Type

モータによる機械的回転

Mechanical rotation by a motor

□ソリッドステート方式 Solid State Type

駆動部を廃し半導体技術や光学技術で機構部を置き換え

Eliminate the drive section and replace the mechanical section with semiconductor and optical technologies.

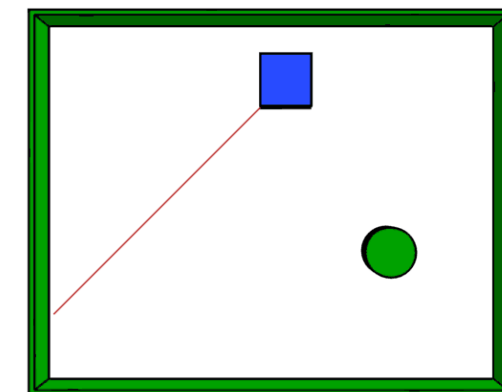
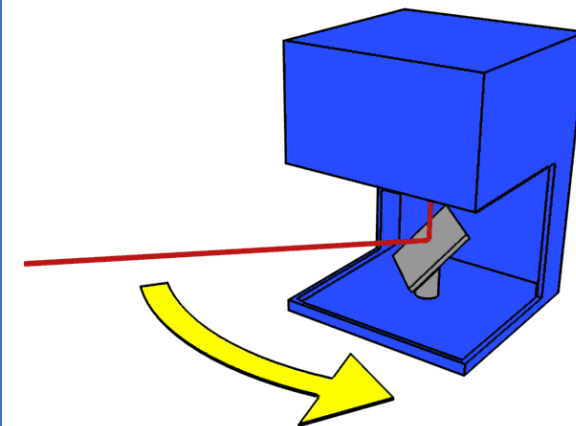
□MEMS方式 MEMS Type

ソリッドステート式におけるスキャン方式の一つ。

MEMSミラーを用いてレーザー光を走査。

One of the scanning methods in solid-state systems.

Laser light is scanned using a MEMS mirror.



LiDARの動作原理

Operating Principle on LiDAR

<原理 Principle>

- ❑ レーザー光を照射し、物体に当たって跳ね返ってくるまでの時間を計測し、物体までの距離や方向を測定（Time of Flight）

Measure the distance and direction to an object by irradiating laser light and measuring the time it takes for the light to hit an object and bounce back. (Time of Flight)

- ❑ 電波に比べて光束密度が高く、短い波長のレーザー光を利用することで高い精度で位置や形状を検出可能

Laser light of short wavelengths, which has a higher light flux density than radio waves, can be used to detect position and shape with high accuracy.

Examples of LiDAR (Light Detection and Ranging)

▣ Hokuyo Automatic co., Ltd

- URG-04LX
- UTM-30LX / UTM-30LX-EW
- UST-10/20LX
- YVT-35LX

▣

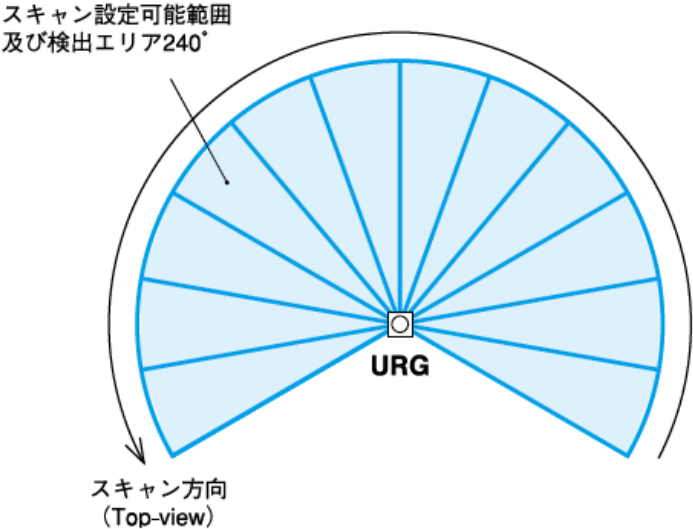
▣ Velodyne

- VLP-16 / 32
- HDL-32 / 64
-

▣ SICK

▣

URG-04LX

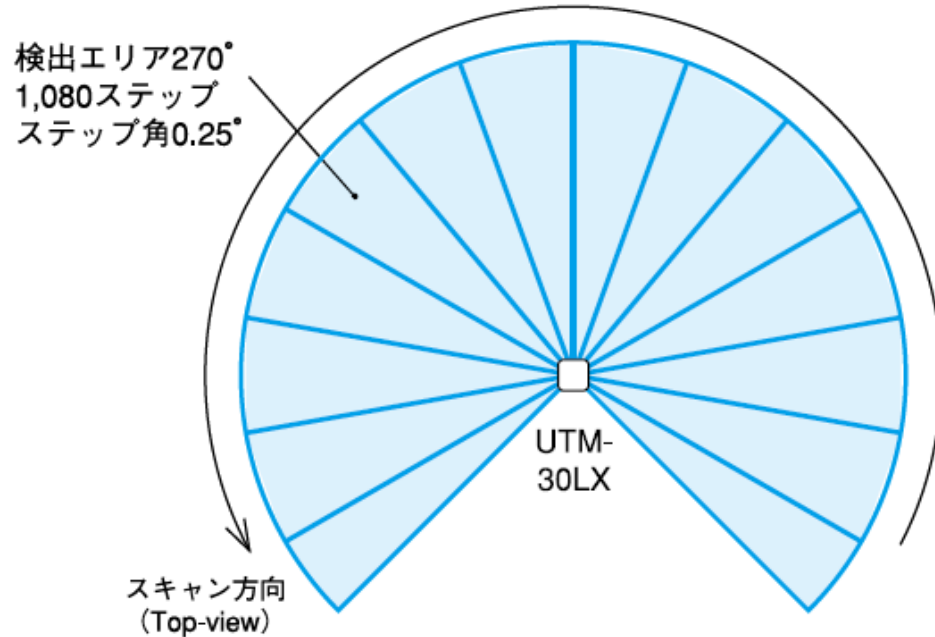


Measuring area	60 to 4,095mm, 240 °
Repeatability	60 to 1,000mm ± 10mm
Angular resolution	Approx. 0.36° (360° /1,024steps)
Scanning time	100ms/scan
Interface	USB, RS-232C
Weight	Approx. 160g
Power source	5VDC
Current consumption	500mA or less (800mA when start-up)

Specifications

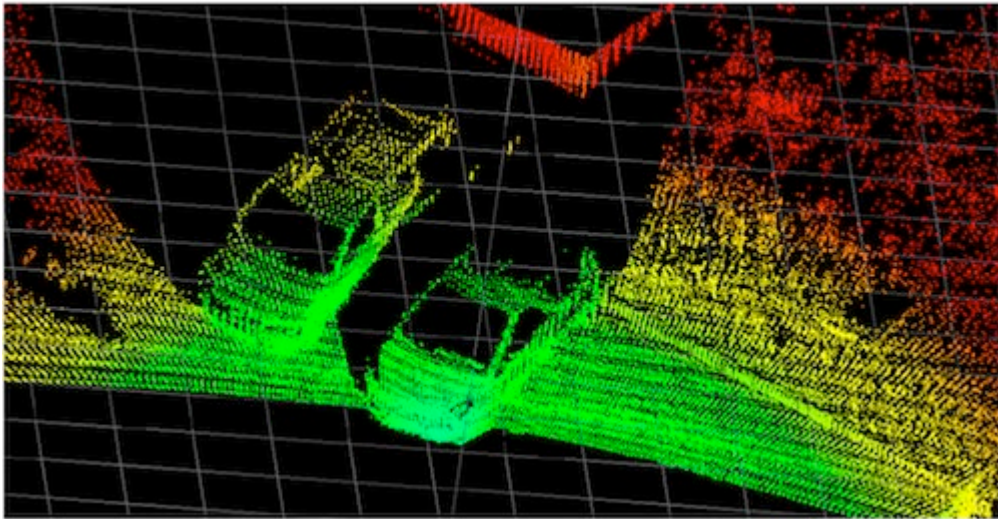
Model No.	URG-04LX
Power source	5VDC±5%*1
Current consumption	500mA or less(800mA when start-up)
Measuring area	60 to 4095mm(white paper with 70mm ²) 240°
Accuracy	60 to 1,000mm : ±10mm, 1,000 to 4,095mm : 1% of measurement
Repeatability	60 to 1,000mm : ±10mm
Angular resolution	Step angle : approx. 0.36°(360°/1,024 steps)
Light source	Semiconductor laser diode(λ=785nm), Laser safety class 1(IEC60825-1, 21 CFR 1040.10 & 1040.11)
Scanning time	100ms/scan
Noise	25dB or less
Interface	USB, RS-232C(19.2k, 57.6k, 115.2k, 250k, 500k, 750kbps), NPN open-collector(synchronous output of optical scanner : 1 pce)
Communication specifications	Exclusive command(SCIP Ver.1.1 or Ver.2.0)*2
Ambient temperature/humidity	-10 to +50 degrees C, 85% or less(Not condensing, not icing)
Vibration resistance	10 to 55Hz, double amplitude 1.5mm Each 2 hour in X, Y and Z directions
Impact resistance	196m/s ² , 10 times in each X, Y and Z directions
Weight	Approx. 160g
Accessory	Cable for power · communication/input · output(1.5m) 1 pce, D-sub connector with 9 pins 1 pce*3

UTM-30LX

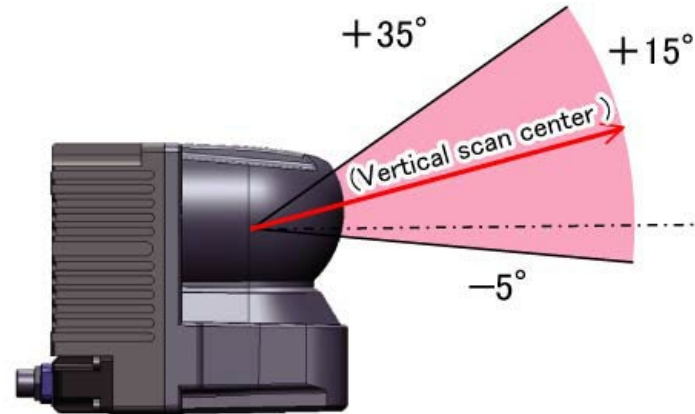


Measuring area	0.1 to 30m, 270 °
Repeatability	100 to 1,000mm : ± 30mm 1,000 to 3,000mm : ± 50mm
Angular resolution	Approx. 0.25° (360° /1,440steps)
Scanning time	25ms/scan
Interface	USB ver2.0 FS mode
Weight & Size	Approx. 370g, W60xD60xH87mm
Power source	12V DC
Power consumption	8W or less

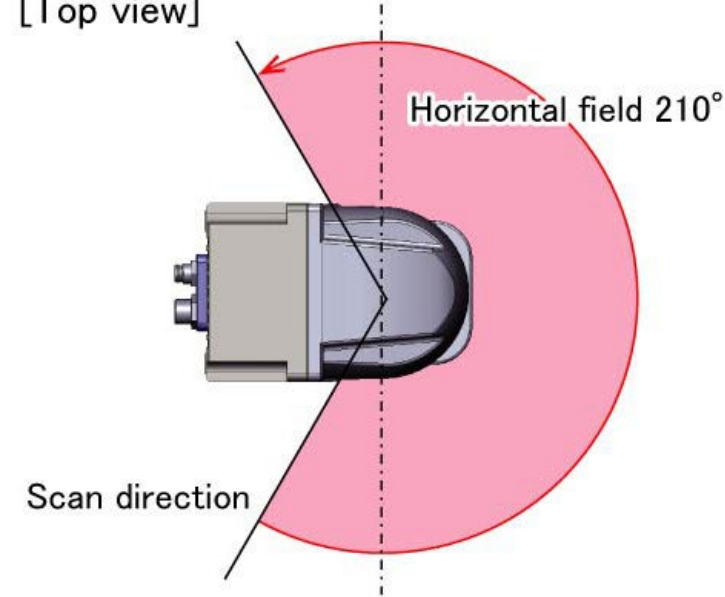
YVT-35LX



[Side view]



[Top view]



Measuring area	0.3 to 35m, horizontal 210 ° , vertical -5° ~35 °
Repeatability	15m or less : ± 50mm, 15m or more : ± 100mm
Number of PCD	2,590 points (without interlace mode, 20fps) 518,000 points (Interlace HD mode, 0.1fps)
Scan speed	Horizontal 20Hz, Vertical 1200Hz
Interface	Ethernet (TCP/IP) 100BASE-TX
Weight & Size	Approx. 650g, W70xD106xH95mm
Power source	10 - 30V DC (Startup 1.5A / normal 0.7A)
Multi-echo / IMU	4 echoes / InvenSense MPU-6500

Velodyne VLP-32C



32個のレーザー送受信センサを内蔵
(Class 1 Eye Safe)

測定距離は約200m

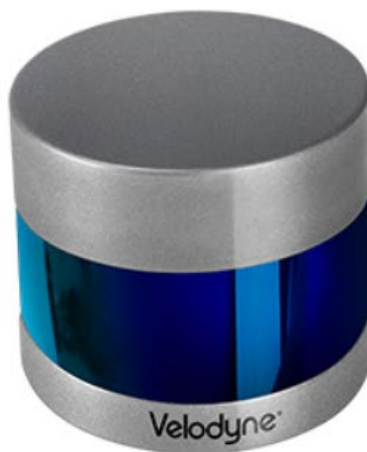
精度 : $\pm 5\text{cm}$ @ $< 50\text{m}$

回転速度 : 5~20Hz

測定点数 : 1,200,000点/秒 (デュアルリターンモード)

Velodyne Lidar社のVLP-32C【Ultra Puck™】は、AD/AGV、自動運転、計測などの高精度制御に特化した全方位レーザーLiDARイメージングユニットです。

32個のレーザー送受信センサ (Class 1 Eye Safe) を内蔵し、水平全方位360°の3Dイメージングが可能です。一秒間に約1,200,000ポイント (デュアルリターンモード) を測定し、測



クラス1 レーザ製品

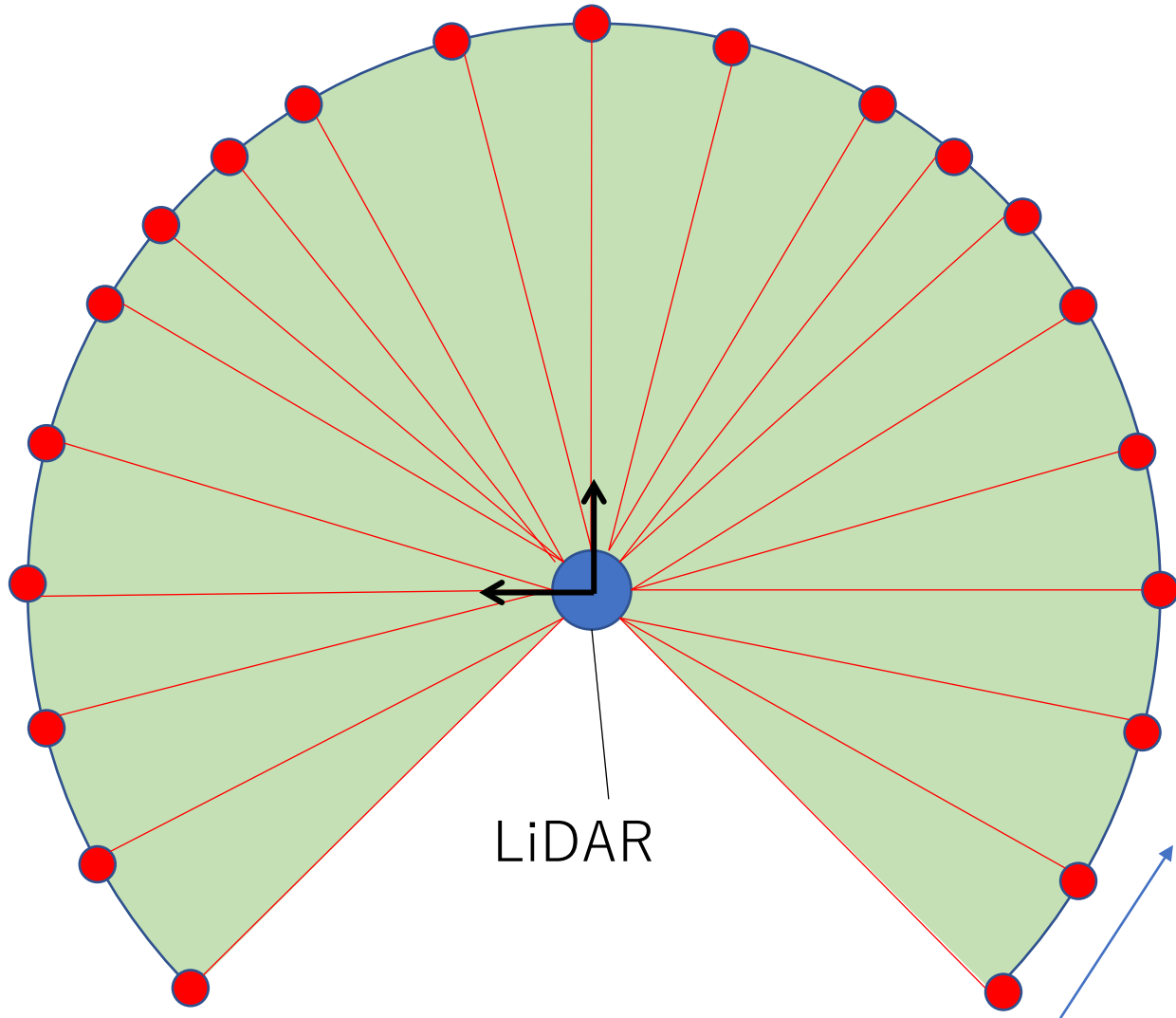
CLASS 1 LASER PRODUCT

<https://youtu.be/I8NSYv6dGzE>

<https://www.argocorp.com/cam/special/Velodyne/VLP-32A.html>

LiDARの使い方

How to use LiDAR



1) Time [s],
ファイルデータ形式
Data Format in Input file

1) Size,
2) $x(1)[\text{mm}]$, $y(1)[\text{mm}]$, Intensity(1),
3) $x(2)[\text{mm}]$, $y(2)[\text{mm}]$, Intensity(2),
4)
5) $x(\text{size})[\text{mm}]$, $y(\text{size})$, Intensity(size)

プログラムによる実習 (LiDAR) #1

Practical training with programming (LiDAR) #1

- ❑ 右真横(-90 degree)の点を検出するプログラムを作成して提出する

Create and submit a program to detect a point in the direction of the right (-90 degree).

- ❑ 推定した位置をグラフにして提出する

Submit a graph of your estimated position (t-d).

- ❑ ファイルデータ形式 Data Format in Input file

Time [s], Size, x(1)[mm], y(1), Intensity(1), x(2)[mm], y(2)[mm], Intensity(2),
x(size)[mm], y(size)[mm], Intensity(size)

- ❑ パラメータ Parameters

....