

# OSC Nagoya Online 2020 A会場 15:15 - 16:00

ロボットや自動車等の自動運転を実現する  
「クアッドキューブ全位置検索技術」のご紹介  
「その4」

担当:クアッドキューブ株式会社  
講師:畑中 豊司(代表取締役)

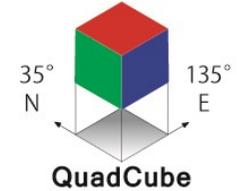


## 本日の予定

- (1) 自己紹介(講演者紹介)
- (2) クアッドキューブの紹介
- (3) 参考資料 (時間があれば少しでもします)

## 質疑応答

質問時間は十分に取れないと思うので、講演の後で Zoomチャット / Youtube live チャット / twitterの投稿を拾い、HP([derimo.net](http://derimo.net))などで回答します。



## 講演者紹介

畑中 豊司 1961年東大阪市生まれ。  
クアッドキューブ株式会社の代表取締役。

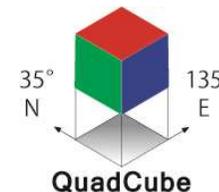
滋賀大学教育学部(教育心理専攻)での学業過程でBASIC言語に親しみ、1984年卒業後、オムロンソフトウェア株式会社に入社。UNIXソフトウェア開発(C言語)を11年、営業4年の経験後、1999年 株式会社データ変換研究所を創業。

代表取締役としてテキスト抽出ライブラリを大手・ベンチャーに技術供給する事業を京都を拠点に社員10名で継続。

新規事業を模索して、つくばチャレンジに参加し、ロボットを観察して考案したソフトウェア技術を立ち上げるため、2017年 クアッドキューブ株式会社(デ変研の子会社)を創業。

クアッドキューブ技術のプログラマ(開発者)兼プロデューサ

## クアドキューブの基本的な考え方



LIDARで計測した空間障害物情報を、計算コストを軽減できるように、四角い立方体に表現することを考案。

たとえば、京都タワーの心棒の部分ならば、次のCSVとなります。

```
「Q4, 135.759288, 34.987569, 0, 0, 131」
```

※ 「0, 0, 131」は、高さの表現で地表高・底面高・立方体高です。



図1 京都タワー

Q4というのは、緯度経度に平行な線で、10m×10mを意味します。

立方体(クアドキューブ)の底面は緯度経度四辺形(Latitude Longitude Quadrilateral:略称LLQuad)と呼び、占有格子地図の縦横の線を緯線と経線に平行にし、1辺の長さを100kmから1mmまで9段階とする四辺形です。一般にボクセルといわれている表現ですが本技術の場合、必ず緯線・経線に平行である点が異なります。また、緯度の位置により辺の長さが変わります(赤道から極に行くほど短くなります)。

LLQUADのタイプ	定義値	対応度数	長さ
LLQUAD100km	Q0	1	100km
LLQUAD10km	Q1	0.1	10km
LLQUAD1km	Q2	0.01	1km
LLQUAD100m	Q3	0.001	100m
LLQUAD10m	Q4	0.0001	10m
LLQUAD1m	Q5	0.00001	1m
LLQUAD10cm	Q6	0.000001	10cm
LLQUAD1cm	Q7	0.0000001	1cm
LLQUAD1mm	Q8	0.00000001	1mm

表1 LLQUAD

## クアドキューブの表現例

### (8の字コース)

移動体の動きをシミュレーションをする場所として、右のような架空の8の字コースを作成しました。

これは縦20m(北)、横40m(東)のコースを移動体が、時速4kmで移動する想定で8の字を一周に約2分弱かかります。

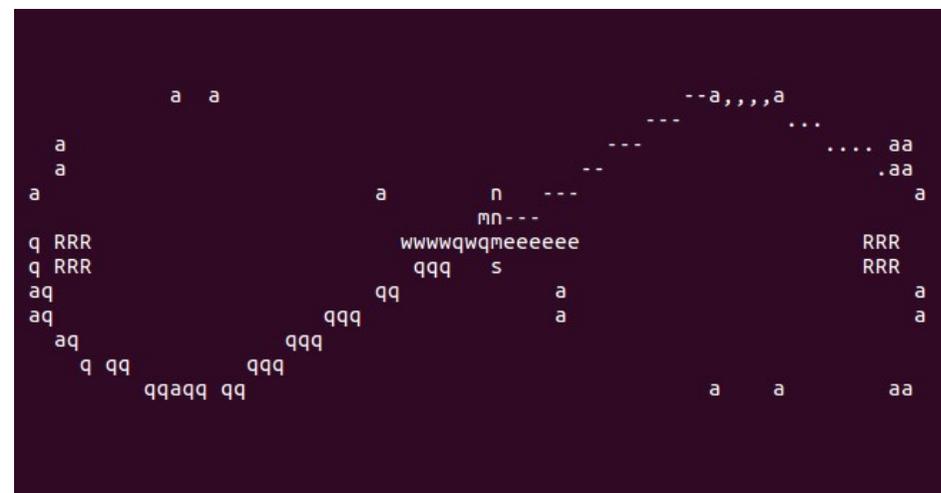
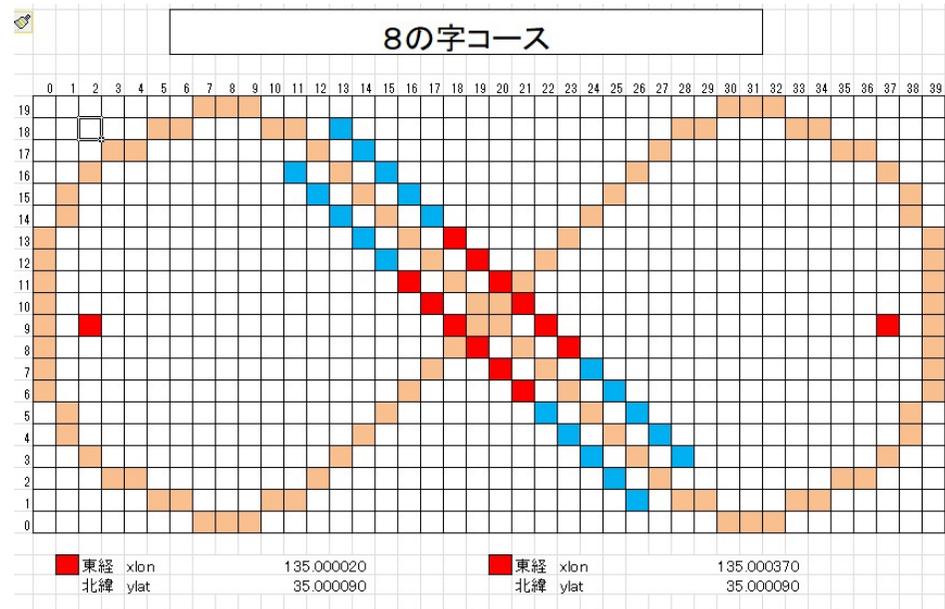
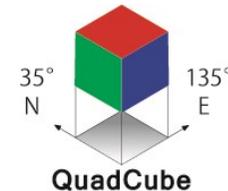
デモをしながら動きなどの説明します。

2018年3月にこのコースを考え、その後、開発を継続しましたが、2年たって2020年に、このデモ画面となりました。

移動体用のAPIや内部の構造体の定義を手探りで行ってきているため、スクラッチアンドビルドを繰り返して開発しました。

基本概念はそのままで、毎年、新しいものに作り替え、手戻してという経緯です。

ここにきて定義が安定しました。今後、移動体の制御用と位置情報補正に重点を置いた開発に移行する予定です。



## クアッドキューブの内部データ (8の字コース場合の例)

/opt/dehenken/lib/map/8 の下のデータ

### 1. 障害物データ(Rと出ていたもの) (quad.qcの内容)

Q5,135.00002,35.00009,0,0,2,R  
Q5,135.00037,35.00009,0,0,2,R

LLQの大きさ、経度・緯度・3高・キャラ  
3高は、地表高・底面高・立方体高

### 2. 移動体の定義データ(mと出ていたもの) (mover.moの内容)

1100,m, 0.5, 0.3, 0.7, 4,Dhk No.1100

車番、キャラ、長さ・幅・高さ・時速、車体の名称

### 3. 移動位置データ(移動体の現在位置データ) (mpos.mpの内容)

1100,1212, 135.00000,35.00010,0,  
135.00000,35.00050,0, 2

車番、UID、前の位置・現在位置、Soda番号

前の位置は1秒前や5秒前等、システムで決定。

## 4. Soda情報(ウェイポイント) (soda.sd)

S6,135.00000,35.00006,0,a  
S6,135.00001,35.00004,0,a  
S6,135.00007,35.00000,0,a

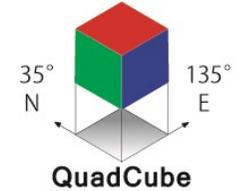
S6,135.00010,35.00000,0,a  
S6,135.00029,35.00019,0,a  
S6,135.00032,35.00019,0,a  
S6,135.00038,35.00015,0,a

S6,135.00039,35.00013,0,a  
S6,135.00039,35.00006,0,a  
S6,135.00038,35.00001,2,a  
S6,135.00032,35.00000,5,a

S6,135.00029,35.00000,7,a  
S6,135.00023,35.00006,10,a  
S6,135.00016,35.00013,10,a  
S6,135.00009,35.00019,7,a  
S6,135.00007,35.00019,5,a

S6,135.00001,35.00015,2,a  
S6,135.00000,35.00013,0,a

SL # Soda Loop 先頭に戻る



# モニタリングの話

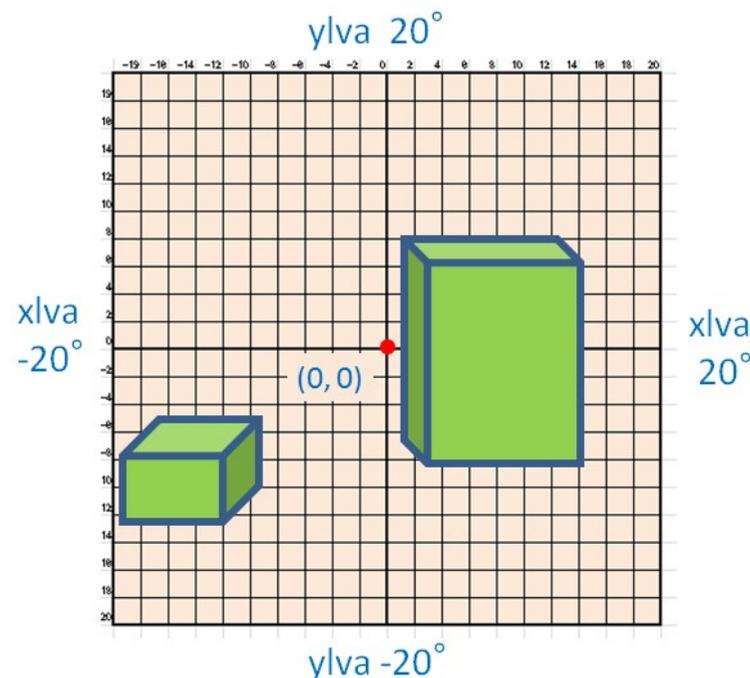
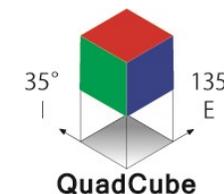
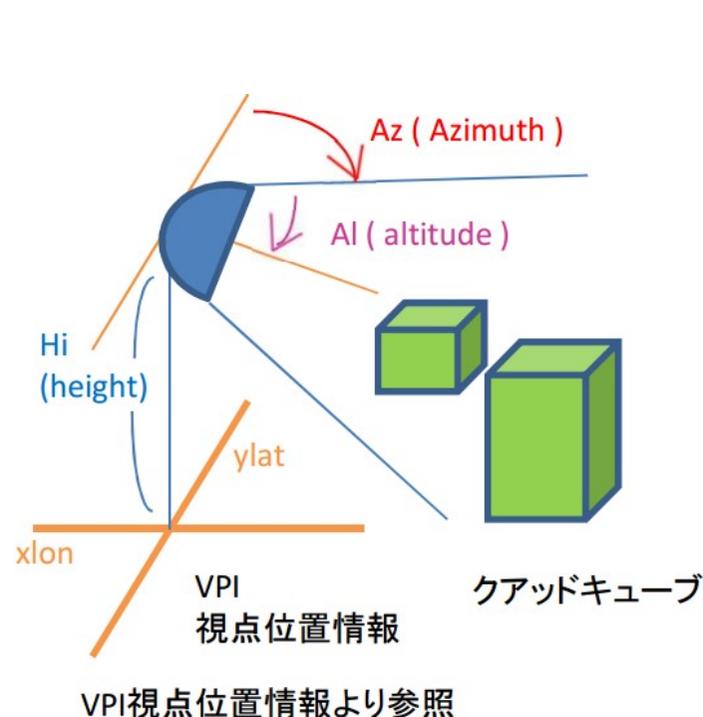
## 視点(VPI : View Point Info)

カメラから移動体や周辺の構造物を見つめる目線

データ構造としては、  
xlon, ylat, hi 緯度経度・高さ  
az, al, ds 方位・仰角・距離  
にて構成。

移動体と視点位置から、  
クワッドキューブ(障害物)を、  
格子座標にて、線を結ぶと3Dビューを再現

3年前から何度も構造体を変更し、検討してきましたが、本質的には変更がありません。



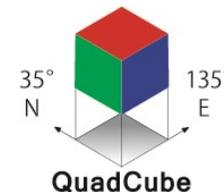
## モニタリング・ビューワーの話

つくばチャレンジには2014年から参加しています。

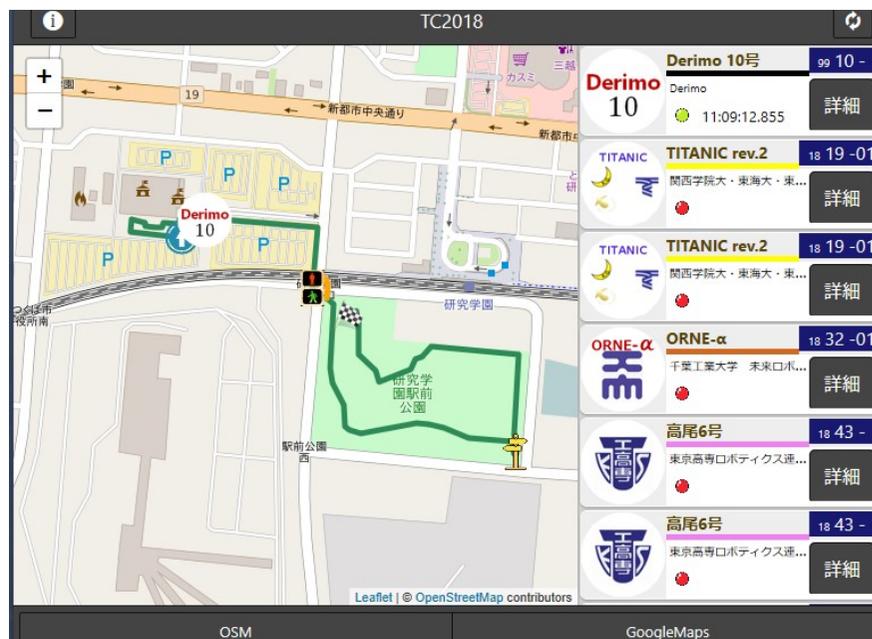
多くの走行移動体のモニタリング共通プラットフォームとしての採用を模索し、また、バスロケーションシステムの開発を視野に、ビューアの開発を繰り返してきました。

「Derimo パブリッシュビュー」をデモします。

誰もがもっているスマホに、Derimoの位置情報発信アプリを入れておくと、URLを指定するだけで、ロボット位置が参照できます。会場では、QRコードを掲示しました。使用者はWebブラウザでロボットの位置が把握できます。



<http://tc2018.event.derimo.net/index.html>



2020年  
モニタリング・システム

「イセメリ」を開発しています。  
日本全国で移動体のモニタリングのためのシステムとなるのが狙いです。  
オープンソースにし、利用者を多くする狙いです。以下の【参考資料】に。

## 空間測域計測(LIDAR)の話

ロボットで使用する空間測域計測(LIDAR)は、北陽電機社製 UTM-40LX-EW を開発ターゲット機としています。

LIDAR を1 回転して得られる空間スキャンデータを「1 回の測域データ」といい、このLIDAR の場合、1080 点の平面(2次元)の周囲データを獲得できます。

PN21 とは、図1 のように中心にLIDAR を置き、そこを原点(0, 0)とし、±10 枚の正方形パネルに区切る、測域データの区切り方をさします。パネルの枚数は、21枚×21枚です。

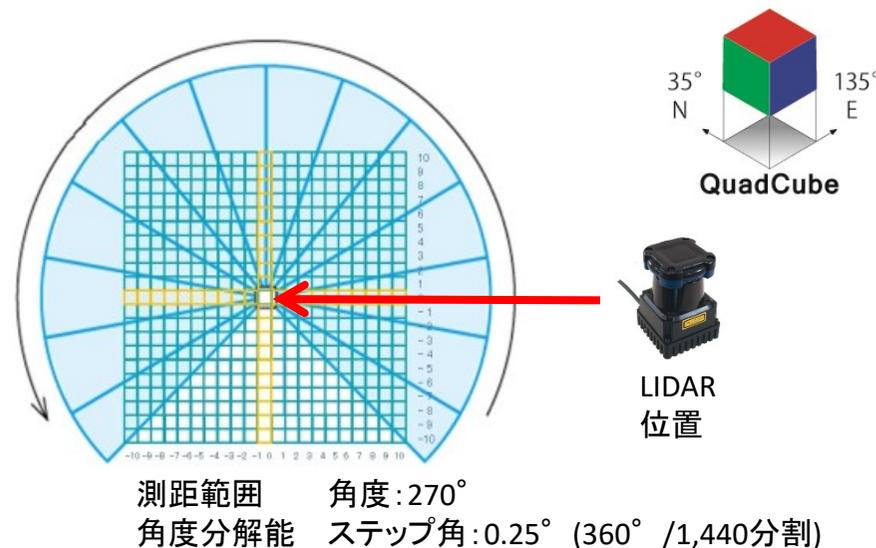


図2 PN21区切りのマス目

パネル長7種(PL7)  
 パネル長7種(PL7)というのは、PN21の区切りの1辺の長さを変えることをいい、10cm / 20cm / 50cm / 1m / 2m / 5m / 10m の7種で、区切り方を変えていきます。

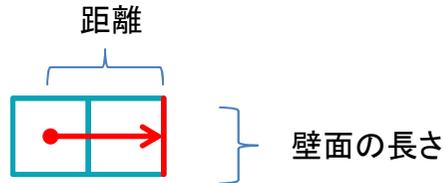
パネル長定義	パネル長さ単位(m)	xlon単位 0.913	ylat単位 1.109	PN21の長さ(m)	
				xlon長さ	ylat長さ
PL_10cm	0.100	0.091	0.111	1.9	2.3
PL_20cm	0.200	0.183	0.222	3.8	4.7
PL_50cm	0.500	0.457	0.555	9.6	11.6
PL_1m	1.000	0.913	1.109	19.2	23.3
PL_2m	2.000	1.826	2.218	38.3	46.6
PL_5m	5.000	4.565	5.545	95.9	116.4
PL_10m	10.000	9.130	11.090	191.7	232.9

表2. 北向きLL区切りの長さ

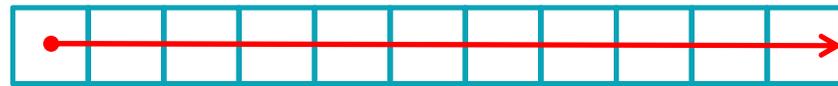
# 1回の測域データの区切り点数

PN21でパネル長7種(PL7)で区切りますが、7種の切った結果は、相似形ですので、同じ区切り位置の計測点数は、同じ粒数となります。

距離 1.5      147点

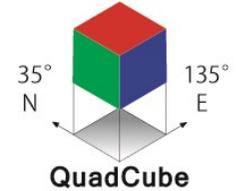


距離 10.5      22点



距離	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11
終端点数	147	90	65	51	42	35	31	27	24	22

# 進行方向(SQ)区切りと緯度経度四辺形(LL)区切り



進行方向区切り(正方形の等間隔のPN21区切り)は、前LIDAR位置を原点(0, 0)に、新LIDAR位置を求めます。このとき、LIDAR SLAM計算をして、移動位置(移動方向と移動距離)を求めます。

北向き緯度経度四辺形(LL)で区切りは、地球地図データベース(GMDB)に格納されている周辺構造物の存在データと照合して位置補正する場合に用います。

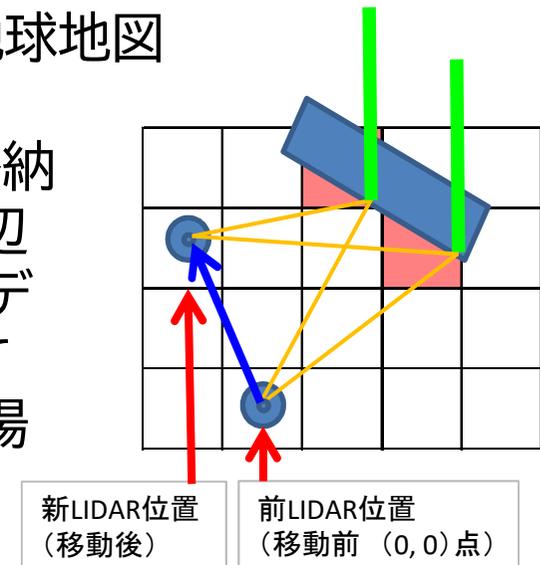


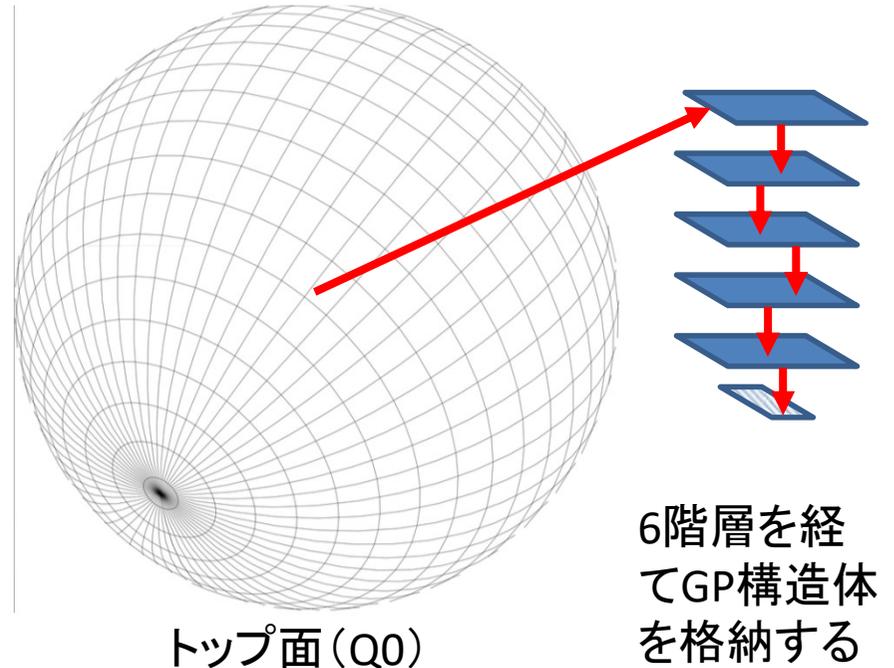
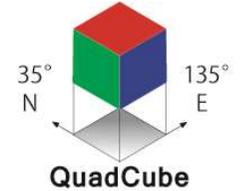
図4 LIDAR SLAM

# 地球地図データベース (Global Map Data Base:略称GMDB)

地球トップ面(Q0)  
GMDBのトップ面のことで、緯度経度の度数の値  $180 \times 360$  の配列 (緯度(-90~90°) 経度(-180~180°))で、下位リンクをつなぎます。

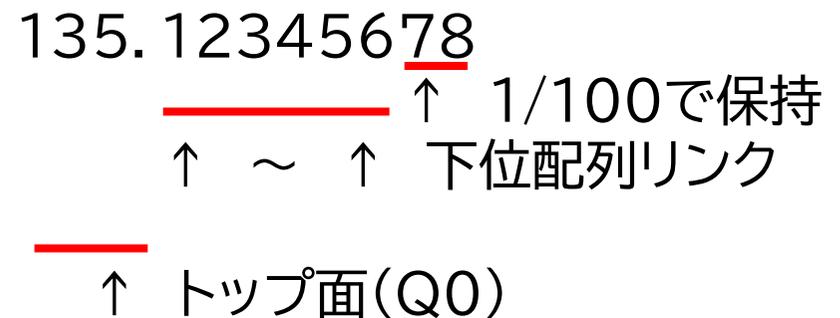
6階層の細分化 (10×10下位配列リンク)  
トップ面(Q0)からQ1 -> Q2 -> Q3 -> Q4 -> Q5 -> Q6 まで、下位配列リンクを掘り下げます。  
Q6(LLQuad10cm)が終端です。  
この Q6 のデータには、緯度経度の1/100の縦横の長さが入っており、Q7とQ8のデータまで保持しています。1点の精度は1mm×1mmとなります。

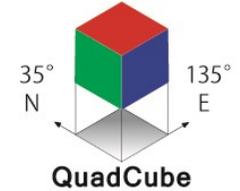
このデータをGMDBに管理します。



トップ面(Q0)

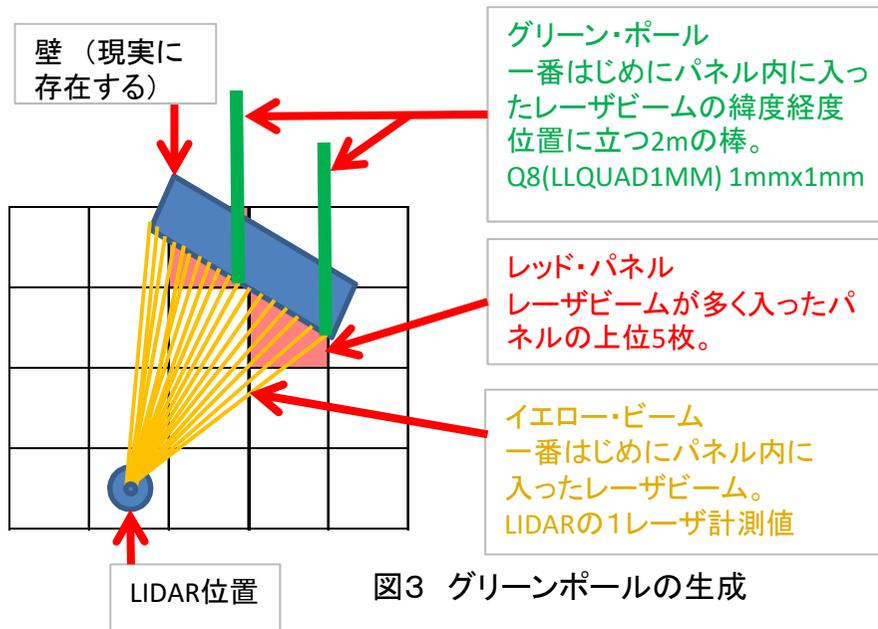
図5 GMDBの概念図



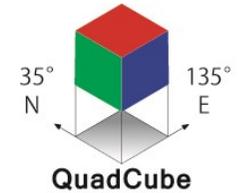


## グリーンポールの生成

PN21でPL7の区切りを行った後、  
レッドパネル(粒数の多い順)を選出。  
1mmX1mmで高さのある  
グリーンポールを生成します。



## 参考資料



- フヂイエンジニアリングのスナメリの話
- イセメリのデモのURL
- イセメリのハードウェアとソフトウェアの構成
- イセメリと「LoRa」とのシステム連携
- 新潟ロボット協会のロボットの紹介
- 方位と干支時刻の話

## フヂイエンジニアリングの スナメリの話

フヂエンさんでは、2019年にクラウドファンディングで、「Sunameri」という、フルカーボンファイバーの電動3輪キックボードを開発・販売を開始しました。

ロードバイクや航空機等に広く使われている、カーボンファイバーをボディ全体に贅沢に使用しています。レース仕込みのカーボン成型技術を持つ、フヂエンだからこそこのこだわりです。

外装全体のしなりで体重を分散させながら凸凹した路面でもスムーズに走行出来ます。

この「Sunameri」を伊勢街道でレンタルサービスにより、観光客の移動動線情報分析をする企画をしました。

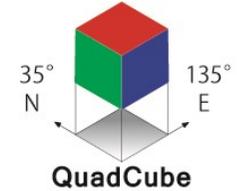
<https://www.fujieng.com/>



移動体のモニタリング会社を探したときに、三重大学の先生とご縁でデ変研に話が来ました。

デ変研では、移動体のモニタリングシステムで新企画として、全国各地でのモニタリング展開を図るシステム、「イセメリ」を企画・開発します。

イセメリをオープンソースにすることで使用者のすそ野を広げ、産学連携・企業の開発・移動体実験等での広範な利用の可能性を探ります。



## イセメリのデモのURL

イセメリは日本全国で移動体をモニタリングするのに適したシステムです。観光用やロボットの実験用に移動体が走行するコースを決めて、地域情報の提供と動線把握のシステムをめざします。

2020版では関係各所で走行実験ができるように、日本各地にメリポイントを用意しています。

イセメリ(伊勢参宮街道)  
つくばメリ(つくばチャレンジ用)  
中之島メリ(中之島チャレンジ用)  
江戸橋メリ(三重大)  
鈴鹿メリ(フヂエン)  
烏丸メリ(デ変研)  
萬代橋メリ(新潟ロボット協会)

イセメリ

<http://meri.derimo.net/ise/>

つくばメリ

<http://meri.derimo.net/tsukuba/>

中之島メリ

<http://meri.derimo.net/nakanoshima/>

江戸橋メリ

<http://meri.derimo.net/edobashi/>

鈴鹿メリ

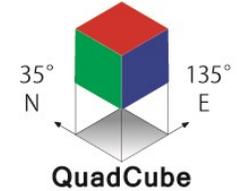
<http://meri.derimo.net/suzuka/>

烏丸メリ

<http://meri.derimo.net/karasuma/>

萬代橋メリ

<http://meri.derimo.net/bandaibashi/>



## イセメリのハードウェアとソフトウェアの構成

モニタリングソフトウェア「イセメリ」は、  
電動キックボード「スナメリ」の位置情報をモニタリングを軸に  
オープンソース化し、さまざまな移動体に適用できるように  
考えています。

### 通信システムの構成 「LoRa WAN」 「Derimo」 「OpenStreetMap」

「LoRa WAN」 (ハードウェア / ソフトウェア)

- LoRa GPS トラッカー LGT-92
- LoRa WAN ゲートウェイ LP58
- LoRa WAN ネットワークサーバー

「Derimo」 (ソフトウェア)

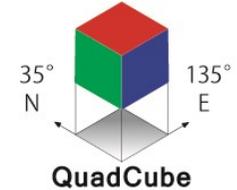
- LoRa WAN Accessor for Derimo
- Derimo Server (サーバーサービス)
- Open Street Map (オープンソースの地図サーバー)
- Derimo Publish Viewer (本書デモ画面、PC・スマホ可)

「イセメリの対象ロケーション」(本年度予定分)

- 鈴鹿メリ(フチエン)、江戸橋メリ(三重大)、烏丸メリ(デ変研)、  
萬代橋メリ(新潟)、つくばメリ、中之島メリ(つくば・中之島チャレンジ)
- イセメリ(伊勢参宮街道)

※ 2020年に「イセメリ」の開発が完了し、オープンソースにする予定。

## イセメリと「LoRa」とのシステム連携



イセメリのエッジ側IoTデータセンシングとしては、新潟ロボット協会に属する新潟エスラボ株式会社に「LoRa」のノウハウがあります。「LoRa」のエッジデバイスを「Sunameri」の内部電源部に搭載し、そこからの情報を「LoRa WAN」にあげます。そこからさらに、Dehenkenのモニタリングシステム「Derimo」と連携し、スマホでのモニタリング表示を行います。

### 「LoRa WAN」

LoRa GPS トラッカー LGT-92

5秒に1回、位置情報を発信  
バッテリーの残量

LoRa WAN ゲートウェイ LP58

基地局。半径1~2kmの複数移動体情報  
クラウドへの送信機

LoRa WAN ネットワークサーバー

### 「Derimo」

LoRa WAN Accessor for Derimo

クラウドサーバから情報を得る  
移動体位置を表示加工

### Derimo Server

Open Street Map

無料の地図ソフト

Derimo Publish Viewer

携帯スマホで位置表示

※ 「イセメリ」は、LoRa GPSトラッカーからDerimo Publish Viewerまでを指し、無償で配布するソフトウェアの名称です。サーバサービス・ハードウェア費用・システム構築費用は無償の範囲には含まれません。

# 新潟ロボット協会のロボットの紹介

## (1) 筐体

手動車椅子を電動化する「車椅子用電動ユニット(YAMAHA製)」を用いて、自律制御移動ロボットの開発のベースに採用。図2のように市販の手動車椅子に後付けで「電動」の機能を付加する装置。  
水色部分が市販の車椅子でカラー表示部分が車いす用電動ユニット。



図6.車椅子用電動

ユニット

(YAMAHAのWebpageより引用)

## (2) ラズベリーパイを採用

軽量なソフトウェアであることを証明するため軽量なPCを採用

ホストPC

Raspberry Pi 3 Model B+  
Arduino UNO

ホストPCからArduino UNO  
(USB接続)

デジタルポテンシオメータ(DPM)  
DPM経由で車椅子用電動  
ユニットに信号送信

LIDAR

ホストPC(ラズパイ)とLAN接続  
(UTM-40LX-EW:北陽電機製)



図7.NR01A(前方から)

## C. 走行結果

### (1) つくばチャレンジ2019

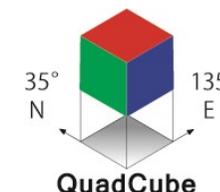
本走行3日前  
DPMの焼損し、自動運転不能に。

本走行

本走行は13:42のスタート。

1分後失格

記録は **0m**。



### (2) 中之島チャレンジ2019

中之島に向けて改造を行った。

焼損DPMボードの代替品の購入  
車椅子用電動ユニット入手(中古)  
中古サイトで2万円也。前回10万円。

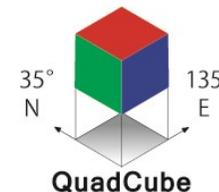
改造の結果

DPMボードと電動ユニットの  
制御パーツを交換  
→ 動作可能に。

中之島チャレンジエクストラに出場

本走行1回目の走行時に  
右に回る動作ができ **18m** 記録。  
本走行2回目の走行時に  
右回転後、延伸改造、 **33m** 記録。

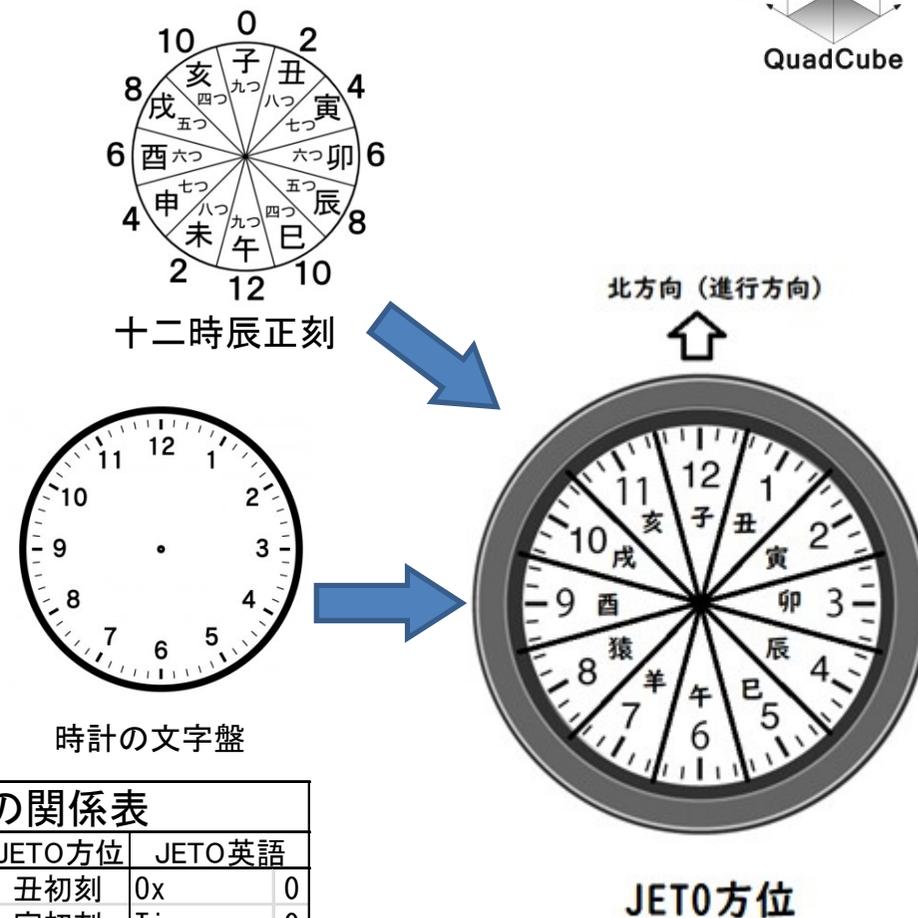
# 方位とJETO方位の話



方位(ほうい)とは、本ソフトウェアの場合、地図方向は一般的なもので北0度、東90度で表現します。

また、移動体が進行するときの方向は、進行方向0度・進行方向の右側を90度と表現します。

JETO方位は、時計の文字盤と十二时辰正刻(じゅうにじしんせいこく)を合成した方位表現です。十二时辰正刻は1日24時間をおよそ2時間ずつの12の时辰(じしん)に分ける時法でしたが、これを12時間12の时辰(じしん)に変更し、時計の文字盤と合成したものをいいます。



方位	時刻	JETO方位	JETO英語	方位	時刻	JETO方位	JETO英語		
0度	0時00分	子正刻	Rat	1	15度	0時30分	丑初刻	Ox	0
30度	1時00分	丑正刻	Ox	1	45度	1時30分	寅初刻	Tiger	0
60度	2時00分	寅正刻	Tiger	1	75度	2時30分	卯初刻	Rabbit	0
90度	3時00分	卯正刻	Rabbit	1	105度	3時30分	辰初刻	Dragon	0
120度	4時00分	辰正刻	Dragon	1	135度	4時30分	巳初刻	Snake	0
150度	5時00分	巳正刻	Snake	1	165度	5時30分	午初刻	Horse	0
180度	6時00分	午正刻	Horse	1	195度	6時30分	羊初刻	Sheep	0
210度	7時00分	羊正刻	Sheep	1	225度	7時30分	猿初刻	Monkey	0
240度	8時00分	猿正刻	Monkey	1	255度	8時30分	酉初刻	Rooster	0
270度	9時00分	酉正刻	Rooster	1	285度	9時30分	戌初刻	Dog	0
300度	10時00分	戌正刻	Dog	1	315度	10時30分	亥初刻	Boar	0
330度	11時00分	亥正刻	Boar	1	345度	11時30分	子初刻	Rat	0

