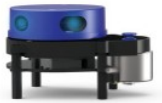
EAI-YDLIDAR-X4

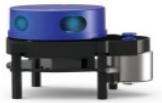


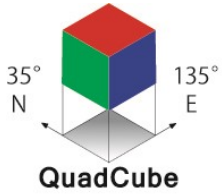
OSC Nagoya Online 2021 B会場 15:00 - 15:45

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5」

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）

EAI-YDLIDAR-X4





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） LIDARを使った位置情報の補正

（4） ベトナムのインターン(+GPS+IMU)

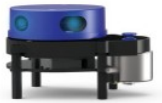
質疑応答

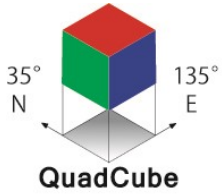
質問時間は十分に取れないと思うので、

講演の後、HP(derimo.net)などで

質問をください。

丁寧に回答する予定です。

EAI-YDLIDAR-X4 



別紙） 講演者紹介

畑中 豊司　1961年東大阪市生まれ(還暦越え)。

クアッドキューブ株式会社の代表取締役。

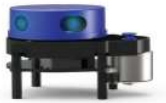
滋賀大学教育学部(教育心理専攻)での学業過程でBASIC言語に親しみ、
1984年卒業後、オムロンソフトウェア株式会社に入社。
UNIXソフトウェア開発(C言語)を11年、営業4年の経験後、
1999年　株式会社データ変換研究所を創業。

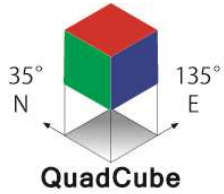
代表取締役としてテキスト抽出ライブラリを
大手・ベンチャーに技術供給する事業を
京都拠点に社員10名で継続中。

新規事業を模索して、つくばチャレンジに参加(2014-2020)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

EAI-YDLIDAR-X4





クアッドキューブ

移動体の位置情報の補正技術　クアッドキューブ

京都駅前の京都タワーの心棒の部分の
クアッドキューブ表現は、次のようになります。

Q4, 135.759288, 34.987569, 0, 0, 131

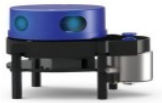
緯度経度四辺形（LLQuad：Latitude Longitude Quadrilateral）とは、占有格子地図の縦横の線を緯線と経線に並行で囲み、その1辺の長さを100kmから1mmまで9段階とする四辺形です。緯度経度四辺形の一辺長さの種類を表1に示します。
一般にボクセルといわれている表現ですが本技術の場合、必ず緯線・経線に平行である点が異なっています。

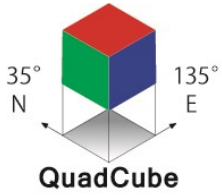
図1　京都タワー

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

EAI-YDLIDAR-X4





OSCで出展する理由

クアッドキューブは商用ソフトウェアです

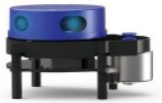
当社では、商用利用のソフトウェアを開発しています。

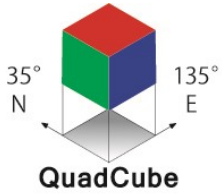
1999年の創業以来、DocCatというソフトウェアを（株式会社データ変換研究所で）販売してますが、Namazuというオープンソースの検索エンジンと組み合わせて販売するビジネスモデルからスタートしました。

OSCには、連携できる人が多いので、ここに今でも出展しています。

OSCに出展していると、オープンソースを応援する人を、
応援できることができますので、
ここでの出展を大事にしています。

EAI-YDLIDAR-X4





地球地図データベース(GMDB)

測域空間の情報を格納する地図情報

地球地図データベース(GMDB:Global Map Data Base)は
測域空間の情報を格納し管理する地図情報をいいます。

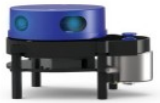
GMDBはLLQuad100kmの緯度経度の値(度数)を
地球トップ面(Q0)とし
縦横10分の1に細分化するポインタ配列を4層連ね、
LLQuad10m(Q4)の位置に、
BT構造体(後述)を8個保管します。

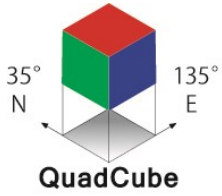
地球トップ面(Q0)は
180 × 360(緯度 −90 ～ 90 度、経度 −180 ～ 180 度)
の配列でQ1のポインタがつながります。
Q1->Q2->Q3->Q4 とつながりますが、1階層ポインタ数は、
10 × 10 です。
最後のQ4の配下にBT構造体が8個保管します。

図2 GMDBのイメージ

NEST8（平面8階層区切り）

EAI-YDLIDAR-X4





1回の測域データの区切り方のイメージをNEST8と呼んでいます

１辺の長さ8mの正方形をから、1/2ずつ、長さを８段階、小さくします。（8m / 4m / 2m / 1m / 0.5m / 0.25m / 0.125m / 0.0625m ）。

NEST8のうち、隣接する 2つのネストの関係は、右図のイメージです。

8mの長さから順に、20×20枚（160m × 160m ）の長さで区切ります。このとき、内側の10×10枚の部分は、次の1/2小さくした4m以下での区切りの対象範囲になります。

4mの長さから順に、20×20枚（80m × 80m ）の長さで区切ります。このとき、内側の10×10枚の部分は、次の1/2小さくした2m以下での区切りの対象範囲になります。

最終は、正方形の一辺が0.0625mとなり、20×20枚（1.25m × 1.25m ）の長さの内側をパネルで区切り、10×10枚（ 0.625 m × 0.625 m ）の内部は処理されません。

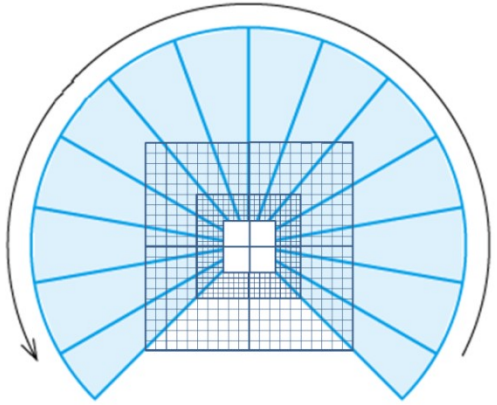
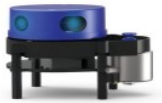


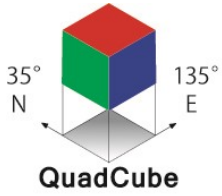
図3　NEST8の2つの関係のイメージ

本実証実験で使用するLIDARは、北陽電機社製 UTM-40LX-EWを用いています。270度左回転、角ピッチ0.25度、1秒の回転数20回転です。

上記図は、このセンサでの計測結果をもとにして、NEST8での2つの区切りをイメージし表現しています。

EAI-YDLIDAR-X4





BT構造体

BT構造体は、ビームの木（Beam Tree）の意味を略したものです

BT構造体のイメージは、測域センサの位置（高さ50cmの木の幹）に周囲に72本のビームが木の枝のように広がります。

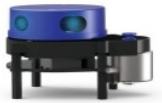
１回の測域データからNEST8で区切り、パネル内に入るビームの個数（Drops）の多い順に72本を選びます。

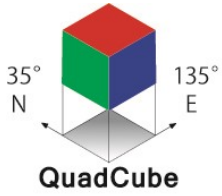
さらに１枚のパネルに入ったビームうち、長さが最小のもの（一番センサに近いもの）を、パネル内を代表するビームとして選びます。

BT構造体は、この72本のビームの枝とその幹を示す、位置情報（xlon, ylat）を組み合わせたもので構成します。

このBT構造体をGMDBに格納し、その位置の空間情報を表象する地図となります。

EAI-YDLIDAR-X4





TC2020での論文

2020年のつくばチャレンジにエントリーし、論文投稿をしました

2020年12月23日 (水) 15:51に、「つくばチャレンジ2020参加レポート投稿」をいたしました、わたしたちの実験結果について、ここで報告したいと思います。

緯度経度に平行なボクセル立方体(クアッドキューブ)による構造物表現で位置補正するソフトウェア技術の検討

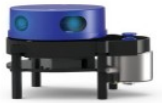
～ 第2報　2つの地点の測域データから
距離と方位の位置関係を知る方法 ～

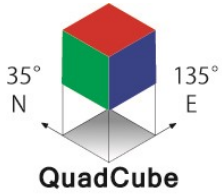
畑中豊司(HATANAKA Toyoshi)、
竹中章勝（TAKENAKA Akimasa）、
田中武則(TANAKA Takenori)
＠新潟ロボット協会(NiiRobo)　(新潟エスラボ株式会社)

昨年度の「つくばチャレンジ2020」は、新型肺炎流行の影響で遠距離移動が難しくなりました。本チームでは、つくばでの実験走行はなく、地元での実験を行うことになりました。

図3.新潟ロボット協会
NR01A（前方から）

EAI-YDLIDAR-X4





ORGとFWDの1回の測域データ

2つの測域データ、ORGとFWDの位置確認

Org:　　移動前の原点
Fwd:　　１秒後の移動位置
2つの地点で測域データを計測しNEST8区切り、BT構造体を作成します。

原点（Org）での１回の測域データをOrg1080とします。NEST8で区切って作成されるBT構造体の枝の50ビームのデータをOrg50とします。

移動後の位置（Fwd）点での１回の測域データをFwd1080とします。

Fwdのビームを、原点Org経由に変換した点群写像をFOrg1080とします。
NEST8で区切って作成されるBT構造体の枝の50ビームのデータをFOrg50とします。

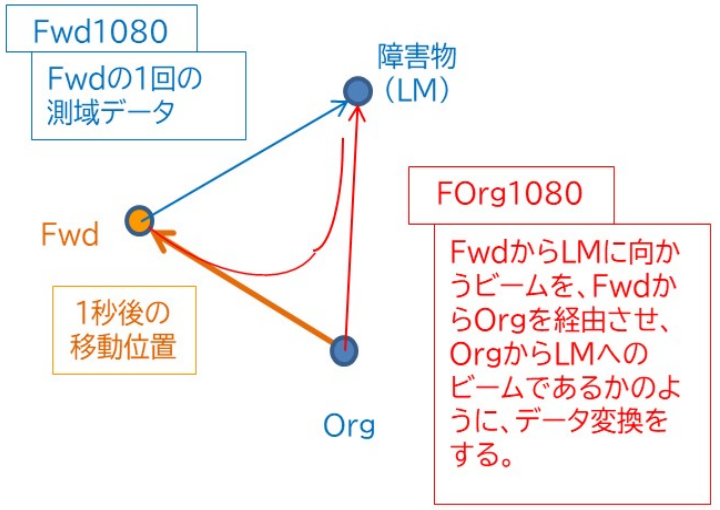


図2 移動による位置データモデル図

実験1　距離差1mで一致度を比較

EAI-YDLIDAR-X4

Orgから北方向1mと固定したFwd位置

一般に移動体が移動する時、
原点から1秒後に移動した位置は不定です。
正確な移動方向と距離はわかりません。

実験1はOrgとFwdの位置を北方向1mと固定します。

Org50とFOrg50の類似度の高いビームの
一致度を評価するために、Org50とFOrg50のうち、
ほぼ、近いデータを示したものを表2のように取り出した
ところ24組あることがわかりました。

Org50のビームの中には、FOrg50でも同じものが見えている場合があります。しかし、Orgの場所からは見えるけれど、Fwdの場所からは見えないもの、もしくは、Fwdの位置からは見えるけど、Orgの位置から見えないものがあります。

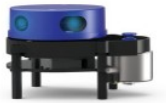
実験の結果からは、両方から見えるもの24本、Orgしか見えないもの24本、Fwdからしか見えないもの24本でした。

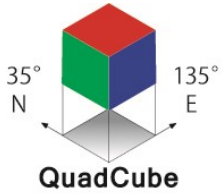
行	線種	CV値	距離（m	方位角（度	測域値	パネル値 NEST8、X,Y
18	FOrg	1100612	1.123	61.243	80	793 1:19:13
17	Org	1100615	1.104	61.500	294	773 1:18:13
19	FOrg	1100606	1.127	60.671	34	773 1:18:13
17	Org	1100615	1.104	61.500	294	773 1:18:13
24	FOrg	2300537	2.336	53.706	226	1174 2:18:14
23	Org	2300537	2.309	53.750	325	1174 2:18:14
29	FOrg	1900366	1.979	36.628	286	1115 2:15:15
30	Org	1900357	1.930	35.750	397	1115 2:15:15
35	FOrg	2700297	2.789	29.766	363	1138 2:16:18
36	Org	2700295	2.781	29.500	422	1138 2:16:18
41	FOrg	7600165	7.651	16.561	464	1856 4:12:16
42	Org	7600150	7.607	15.000	480	1856 4:12:16
46	FOrg	2500074	2.510	7.401	491	1038 2:11:18
48	Org	2500050	2.534	5.000	520	1039 2:11:19
47	FOrg	2500051	2.519	5.136	506	1039 2:11:19
48	Org	2500050	2.534	5.000	520	1039 2:11:19
50	FOrg	2500000	2.509	0.000	540	1019 2:10:19
49	Org	2500000	2.518	0.000	540	1019 2:10:19
52	FOrg	2535952	2.519	−4.832	572	999 2:09:19
51	Org	2535953	2.537	−4.750	559	999 2:09:19
54	FOrg	2635906	2.615	−9.477	601	979 2:08:19
57	Org	2635855	2.610	−14.500	598	959 2:07:19
56	FOrg	2635856	2.625	−14.442	632	959 2:07:19
57	Org	2635855	2.610	−14.500	598	959 2:07:19
58	FOrg	2635813	2.692	−18.793	657	939 2:06:19
59	Org	2635810	2.656	−19.000	616	939 2:06:19
60	FOrg	2735768	2.766	−23.208	681	919 2:05:19
61	Org	2735768	2.744	−23.250	633	919 2:05:19
62	FOrg	2835730	2.869	−27.057	700	899 2:04:19
63	Org	2835728	2.830	−27.250	649	899 2:04:19
64	FOrg	2935699	2.986	−30.175	714	879 2:03:19
65	Org	2935695	2.947	−30.500	662	879 2:03:19
69	FOrg	2535599	2.549	−40.143	780	857 2:02:17
70	Org	2535598	2.558	−40.250	701	857 2:02:17
72	FOrg	2335557	2.352	−44.377	810	856 2:02:16
73	Org	2335553	2.367	−44.750	719	856 2:02:16
75	FOrg	2135507	2.129	−49.329	846	855 2:02:15
74	Org	2135508	2.146	−49.250	737	855 2:02:15
78	FOrg	1535432	1.529	−56.830	929	893 2:04:13
79	Org	1535430	1.542	−57.000	768	893 2:04:13
81	FOrg	1435367	1.461	−63.337	959	892 2:04:12
80	Org	1435378	1.481	−62.250	789	892 2:04:12
83	FOrg	1535325	1.503	−67.513	968	872 2:03:12
82	Org	1535328	1.583	−67.250	809	872 2:03:12
85	FOrg	1935186	1.909	−81.425	983	831 2:01:11
86	Org	1935185	1.928	−81.500	866	831 2:01:11

表2　方位角順にソートし、CV値でOrgとForgの近傍線分を確認

実験1　考察

EAI-YDLIDAR-X4





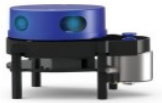
Orgから北方向1mにFwd位置の場合には半数が一致

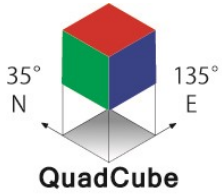
本実験は、前述のとおり、
測定機器の付いたロボットを正確に1m移動させた時
Org50ビームと、移動後のFOrg50ビームの対象物の
見え方の類似性を確認したところ、24組(半数)が同じ
ものをさしている可能性があります。
表の50行と49行において、方位角は0度ですが、距離が
2.509と2.518(m)で、ロボットの設置位置は1mとしました
が、実際には、1.009mであって9mmずれていたようです。

移動距離を1.1m 1.2mなど少し間隔を広げて、対象物の
位置関係によって、類似の値が変化するか、確認が必要
です。しかし1m間隔なら半数となる知見ができました。

慣性計測装置(IMU)を補助情報とし、測距位置を得るため
の参考機材となるかの検討をすることにしました。

EAI-YDLIDAR-X4





ベトナムのインターン

海外リモートインターンとしてベトナムの大学生２名を受け入れました

アイセック・ジャパンは、126の国と地域で活動する世界最大級の学生組織AIESECの日本支部として、海外インターンシップ事業を運営する学生団体です。

京都大学には、アイセック京都大学委員会という、その団体に所属する組織があり、Dehenken（親会社の担当、わたし）で海外インターンの受け入れを行ってきました。

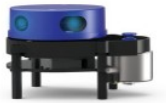
Dehenkenの創業、４年目ぐらいからアイセックのインターンの受け入れをし、トルコ・中国・韓国・ロシア・仏・独・越南からの受け入れで13名となりました。

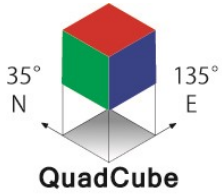
期間は、2021年3月29日から2021年5月24日までの8週間です。Zoomで20時（日本時間：ベトナム時間18時）に週2回1時間の研修をします（Zoom回数16回）。

海外インターンの課題は、自国で計測することです。

PI4B実験機

EAI-YDLIDAR-X4





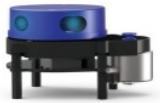
インターンの計測機材をデザインしました

インターンの使用する、計測機材として、次の4つを選定。

MAIN CPU : Raspebrry Pi 4Bスターターキット (9980円)
LIDAR : YDLIDAR X4 (12,100円)
IMU: Raspberry Pi 慣性測定ユニット(IMU)
11 DoF Sense HAT(2,480円)
GPS : GPS/GLONASS受信機u-box M8搭載(3,587円)

合計 28,147円 ほか接続ケーブル類など必要です。

EAI-YDLIDAR-X4



QuadCube

実験2　気温42度のハノイを走る

GPS受信機を装着し、バイク(motorbike)を走らせる

36km/h（10m/s）で移動し5秒ごとにデータを記録しました。

Sec	Gyro (pitch)	Gyro (roll)	Gyro (yaw)	Accel (x)	Accel (y)	Accel (z)	Temp (°C)	Humid (%)
1	3.497	0.814	184.934	0.018	-0.073	0.990	42.74	53.80
2	5.487	1.684	180.386	0.013	-0.017	0.992	42.66	53.58
3	6.008	4.656	171.327	0.042	-0.136	1.008	42.58	53.64
4	6.159	4.465	175.185	-0.014	-0.007	1.227	42.53	53.61
5	2.323	3.620	175.175	0.043	-0.074	0.950	42.51	53.37
6	5.306	9.327	173.141	-0.071	0.049	1.049	42.51	53.33
7	4.483	8.970	172.836	0.030	-0.036	0.986	42.45	53.34
8	2.719	10.979	181.933	-0.047	0.042	0.080	42.38	53.47
9	4.655	8.635	179.118	-0.089	0.023	1.042	42.36	53.34
10	1.591	9.318	188.093	-0.023	-0.023	1.131	42.43	53.51

Sec	Speed (Km/h)	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
0	32.99	21.04095416	105.92332433	-0.600
5	31.89	21.04129950	105.92310183	-1.600
10	32.55	21.04164433	105.92290033	-3.100
15	34.07	21.04201850	105.92270100	-1.800
20	32.00	21.04239033	105.92250983	-2.800
25	32.17	21.04274300	105.92232283	-7.900
30	32.23	21.04310033	105.92212183	-7.500
35	35.12	21.04348233	105.92190616	-9.600
40	34.26	21.04386366	105.92169199	-10.000
45	33.08	21.04423816	105.92145466	-7.600
50	33.32	21.04460549	105.92123850	-5.400
55	35.34	21.04498500	105.92102350	-8.100
60	33.64	21.04537050	105.92081633	-6.100

Table 1 – Result of case 1

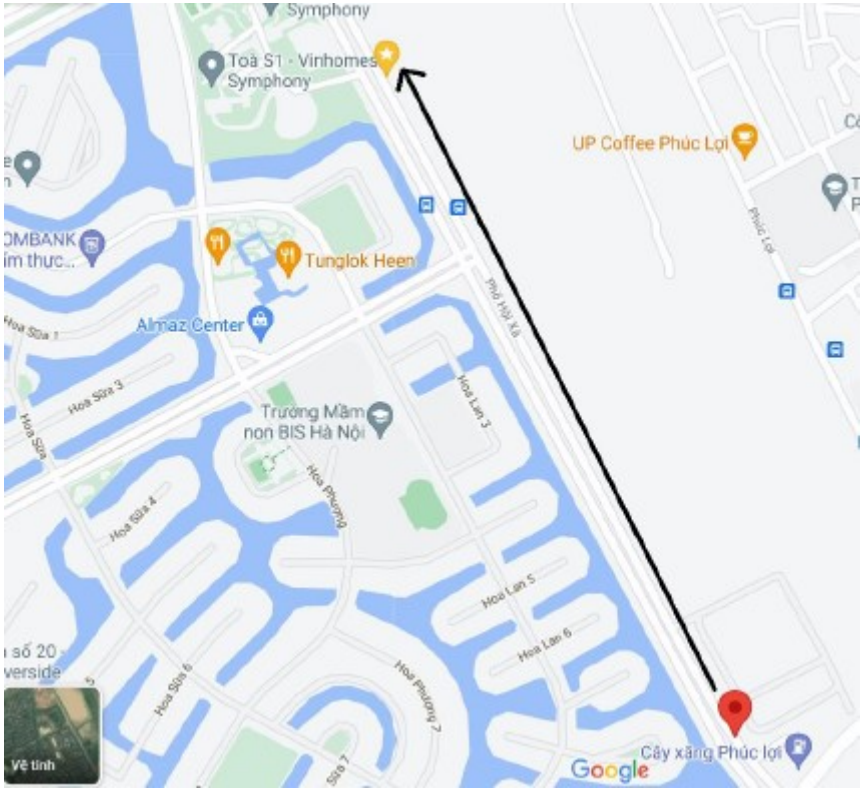
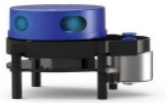
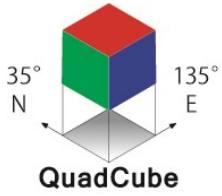


図1　走行路

実験2　結果

EAI-YDLIDAR-X4





ジャイロスコープ・加速度計・IMU・温度・湿度

ジャイロスコープについては、表を見るとIMUが直線上を移動したためジャイロスコープのデータ（ピッチ、ロール、ヨー）には大きな変化がないことがわかります。小さな変化は、運搬車の不安定さや戻ってきたデータの誤差からくるものかもしれません。

加速度計では、IMUがまっすぐな方向に動いているのでY軸のデータとZ軸のデータがわずかに変化していることがわかります。

IMUは非常に低い速度（1m/s）で動いているため、x軸のデータは常に0.1ラジアン/秒以下です。

温度と湿度は、温度42℃、湿度55%です。差は非常に近く無視できる範囲で変動しています。

GPS受信機は一定の速度で直線道路を移動しているため小さな範囲で振動していることがわかります。ドライバーは同じ方向に正確な速度を保つようにしていました。