

AIS搭載義務のない船舶を対象とするリアルタイム位置情報入手システムの開発

2022年度卒論審査会

東京海洋大学情報通信工学研究室

宇田川千尋(B4)

指導教員 久保信明教授

目次

- 研究背景・目的
- 開発システムの概要
- 計算方法
- 実験報告
- 結論と展望

研究背景

- 2022年4月23日の「北海道・知床観光船沈没事故」は詳細な位置情報がつかめず救助、捜査が難航した。
- AISの搭載義務のない小型の船舶について、位置情報を得ることができない。
- 非搭載船向けの簡易型AISも存在するが、12~15万JPN程度と高額である。
- 漁船のAIS普及率は0.5%程度に留まる（2016年データ）

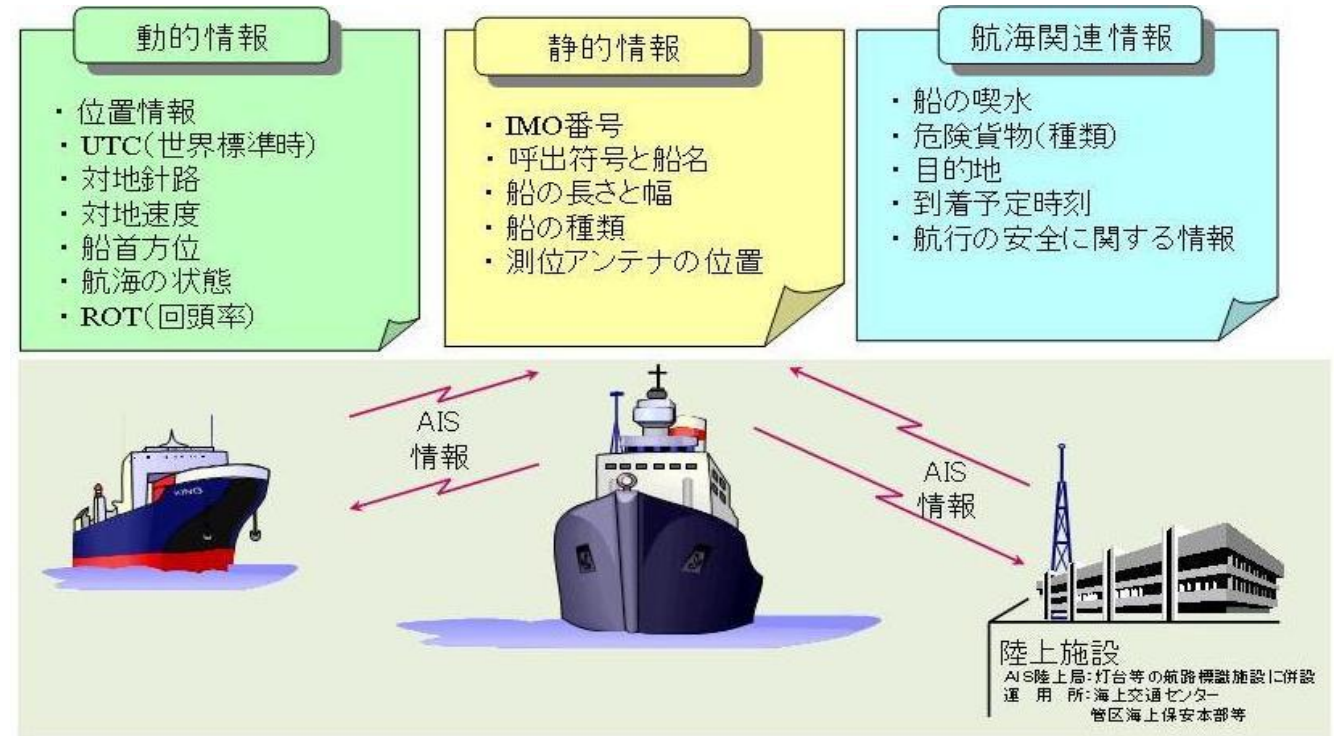
AIS搭載義務船

SOLAS条約による義務付け対象船

1. 国際航海に従事する300総トン以上のすべての船舶
2. 全ての旅客船
3. 国際航海に従事しない500総トン以上の貨物船

本邦国内法(船舶設備規定146条の29)による義務付け対象船

1. 国際航海に従事する300総トン以上の全ての船舶
2. 国際航海に従事する全ての旅客船
3. 国際航海に従事しない500総トン以上のすべての船舶



出典：海上保安庁

https://www.kaiho.mlit.go.jp/syokai/soshiki/toudai/ais/ais_index.htm

研究目的

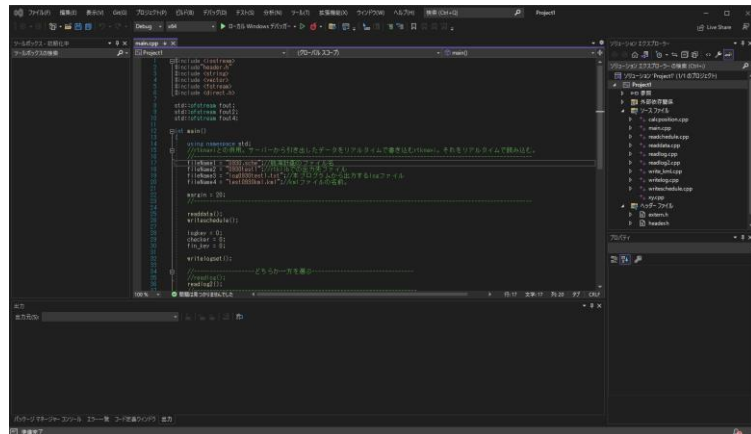
船舶の位置情報をモニタリングする、導入が容易で安価なシステムの開発。

Visual studio 2022でC++を用いて開発を行う。

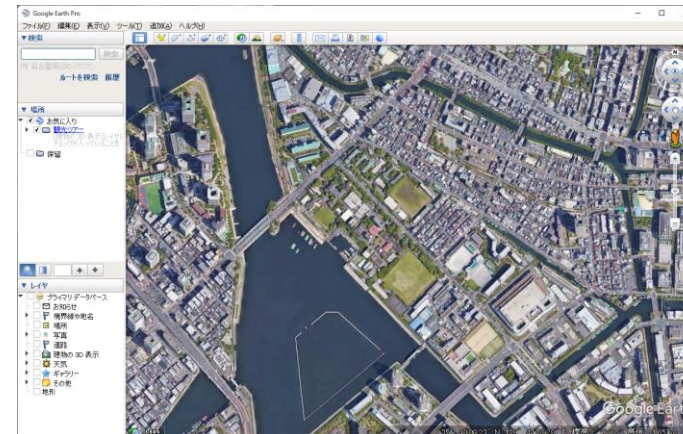
受信機は携帯電話を用いる。

リアルタイムでログを記録する。

Google Earth などのフリーツールを利用して航跡が可視化できるようにする。

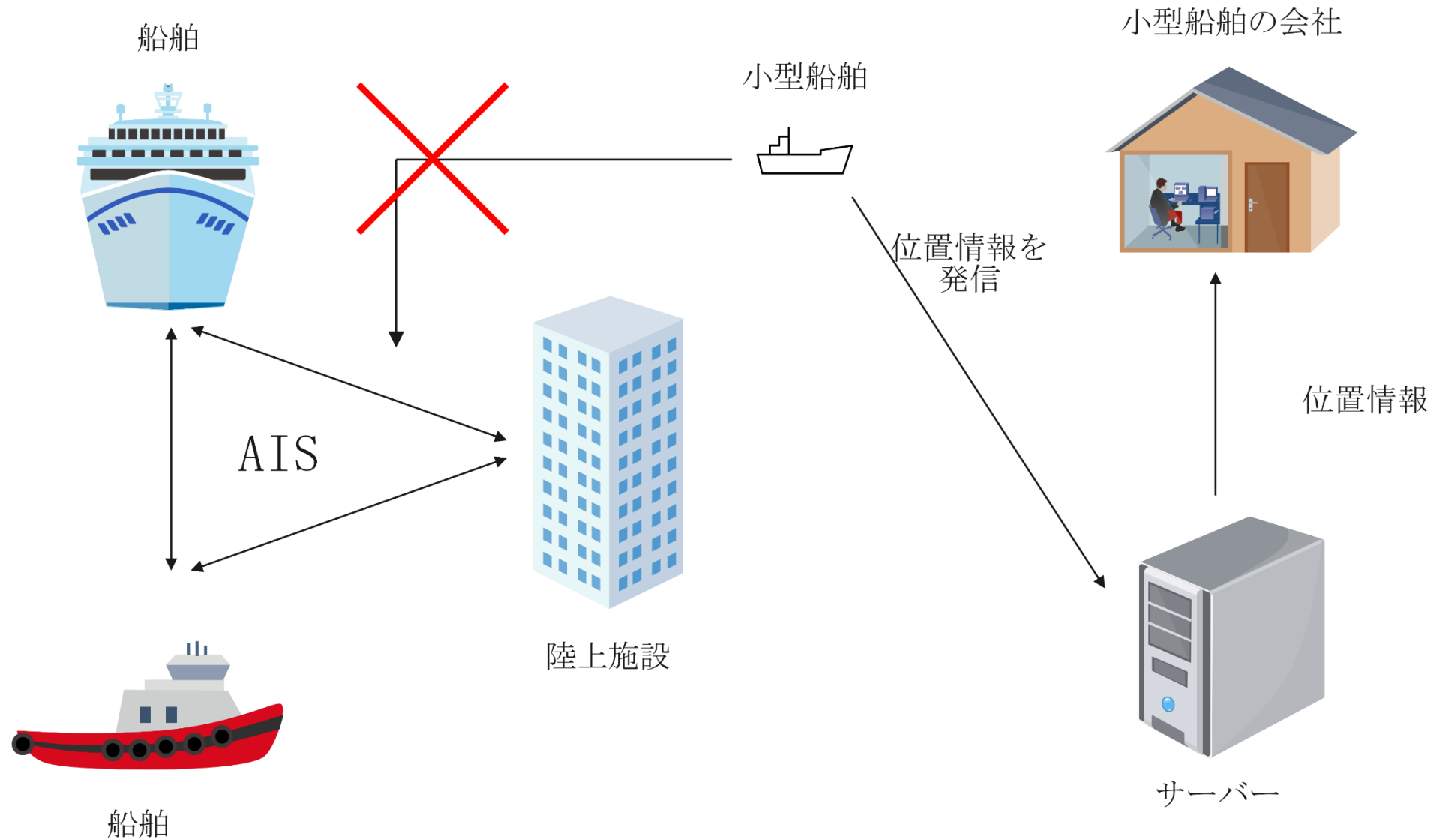


Visual studio 開発画面



Google Earth Pro

開発システムの概要



データ送信及び入手の詳細

受信機は携帯電話(Android OS搭載)を利用する。

アプリケーション“Share GPS”を用いて位置情報をサーバーに送信する。

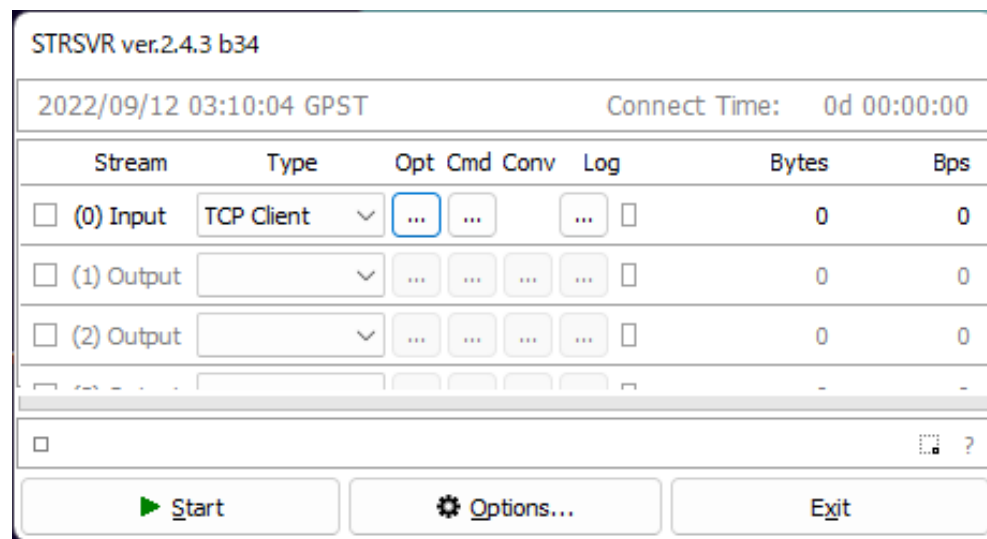


Share GPS 画面

PCでの位置情報の受信はWindows OS用のフリーソフト“RTKLIB”の“STRSVR”を利用。

Version: 2.4.3 b34

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

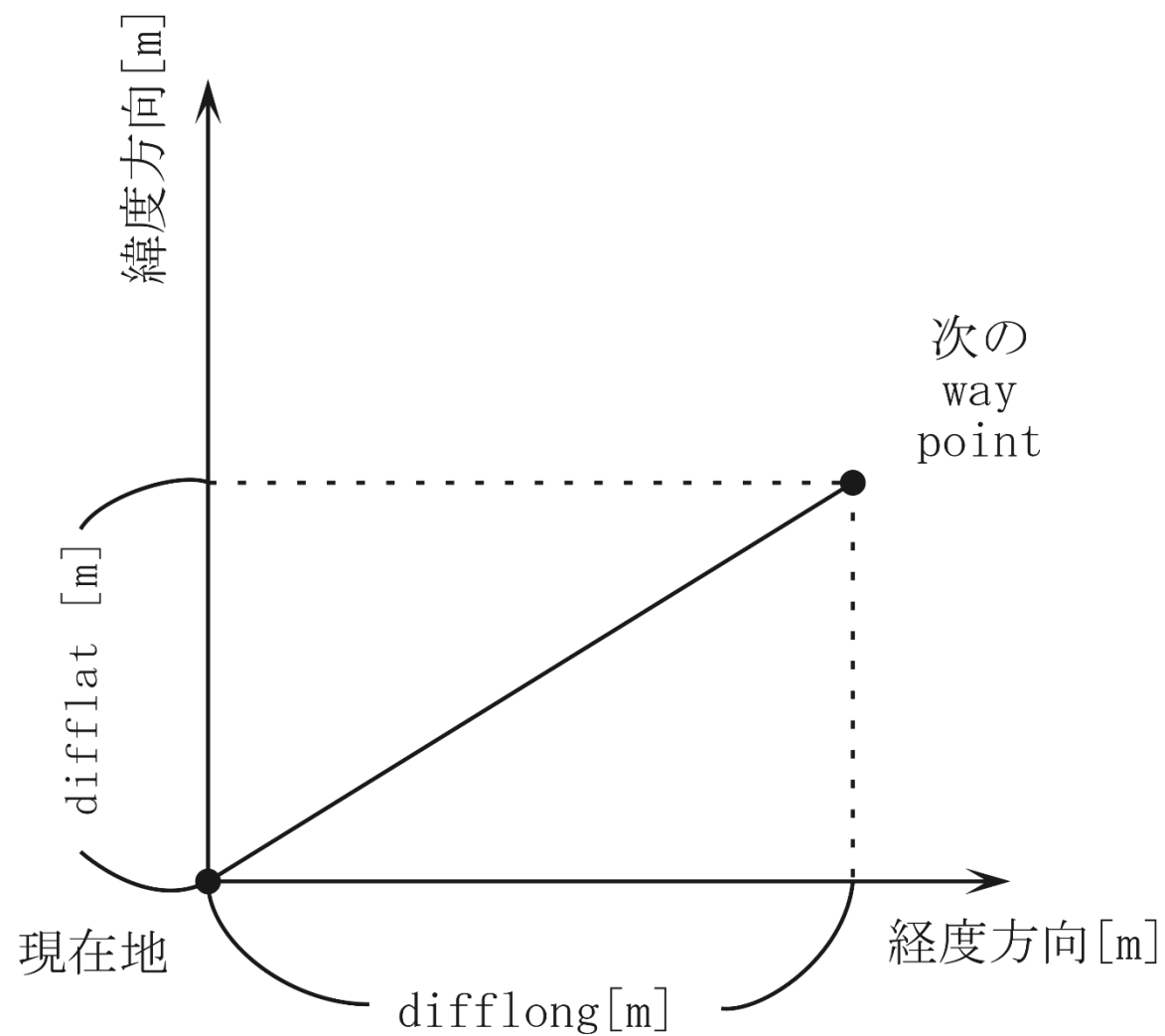


STRSVR 画面

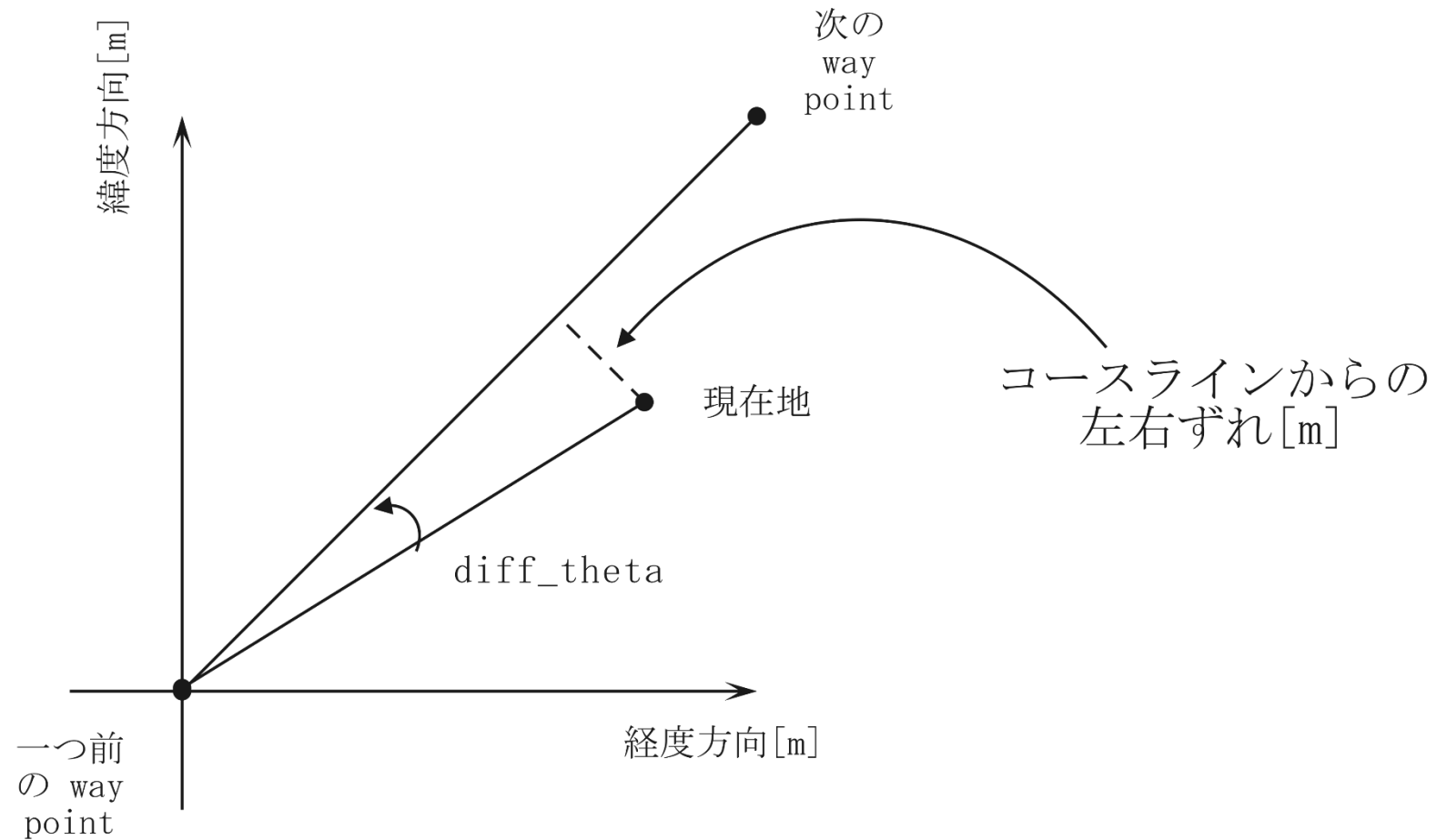
作成した機能一覧

- リアルタイムの位置情報表示
- 針路および速力の表示
- 設定したコースラインからの左右ずれをm単位で表示
- 設定した航海計画との時間のずれを表示
- 次の変針点（以下WP）までの距離の表示と到達時間の予測
- ジオフェンシング機能
- 航海計画と航跡をkmlファイルで保存する

計算方法 次のWP までの距離



計算方法 コースラインからの偏移



実験

- 概要

陸上で道路を航路と見立てた航海計画を事前に作成する。

実際に走行し、リアルタイムでの位置情報入手の可否、予定時間からのずれ、コースラインからの偏移を計測できていることを確認する。

- 実験日時

2022 10/28 11:02 ~ 11:31

- 使用機材

携帯電話：Google Pixel 5a

PCスペック：CPU Intel core i7 10510U

RAM：16GB



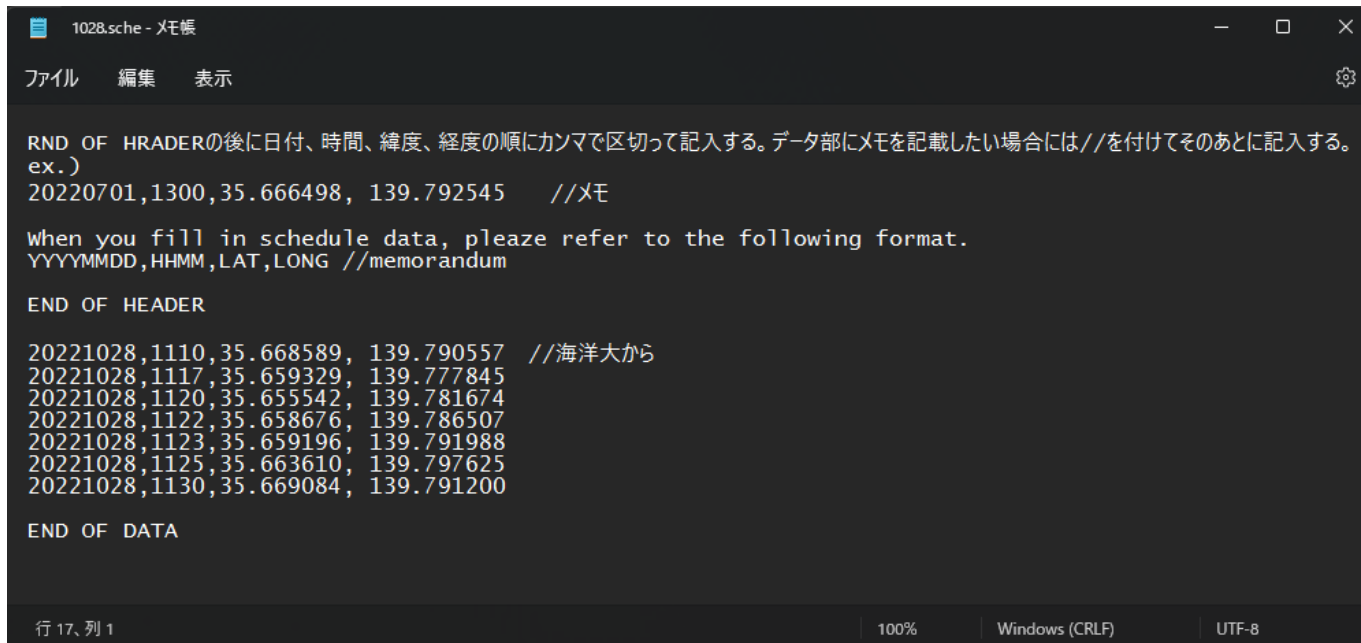
PC



Google Pixel 5a

実験手順

- 計画及びジオフェンシング対象のエリアをファイルに指定の方式で用意する。
- 携帯端末で位置情報機能をオンにし、“Share GPS”でサーバに接続する。
- PCで“STRSVR”を用いて携帯電話からの位置情報を受信できていることを確認し、ファイルで保存を開始する。
- 自作のプログラムから書き込んでいるファイルにアクセスし、書き込まれ次第読み込むことでリアルタイムの航海状況を計算、出力する。



```
1028.sche - メモ帳
ファイル 編集 表示

RND OF HRADERの後に日付、時間、緯度、経度の順にカンマで区切って記入する。データ部にメモを記載したい場合には//を付けてそのあとに記入する。
ex.)
20220701,1300,35.666498, 139.792545 //メモ

When you fill in schedule data, please refer to the following format.
YYYYMMDD,HHMM,LAT,LONG //memorandum

END OF HEADER

20221028,1110,35.668589, 139.790557 //海洋大から
20221028,1117,35.659329, 139.777845
20221028,1120,35.655542, 139.781674
20221028,1122,35.658676, 139.786507
20221028,1123,35.659196, 139.791988
20221028,1125,35.663610, 139.797625
20221028,1130,35.669084, 139.791200

END OF DATA

行 17、列 1 100% Windows (CRLF) UTF-8
```

予定進路

1.比較的高い建物の
少ない道路を利用

2.学校の正門を出発
点、正門を出て右側
の交差点を到着点と
した。



Google Earth pro より
本校付近

実験中の様子

```
D:\GNSS-LAB\卒業論文\Udagawa_program - コピー\Project1\64\Debug\Project1.exe
11:13:08 35.66698107, 139.79215087 00.0kt 000.0deg 0.0 meters ---. 229.8 meters(---sec)to WP1
11:13:09 35.66697997, 139.79215177 00.0kt 000.0deg 0.0 meters ---. 230.0 meters(---sec)to WP1
11:13:10 35.66698037, 139.79215177 00.0kt 000.0deg 0.0 meters ---. 229.9 meters(---sec)to WP1
11:13:11 35.66698023, 139.79215180 00.0kt 000.0deg 0.0 meters ---. 229.9 meters(---sec)to WP1
11:13:12 35.66698093, 139.79215310 00.4kt 224.6deg 0.0 meters ---. 230.0 meters(---sec)to WP1
11:13:13 35.66697553, 139.79215422 00.5kt 220.9deg 0.0 meters ---. 230.5 meters(---sec)to WP1
11:13:14 35.66696082, 139.79215807 00.8kt 224.7deg 0.0 meters ---. 232.0 meters(---sec)to WP1
11:13:15 35.66695513, 139.79215405 01.6kt 228.6deg 0.0 meters ---. 232.3 meters(---sec)to WP1
11:13:16 35.66694445, 139.79214158 02.9kt 229.2deg 0.0 meters ---. 232.5 meters(---sec)to WP1
11:13:17 35.66693310, 139.79213310 03.1kt 229.7deg 0.0 meters ---. 233.0 meters(---sec)to WP1
11:13:18 35.66692017, 139.79212223 03.0kt 216.9deg 0.0 meters ---. 233.6 meters(---sec)to WP1
11:13:19 35.66690487, 139.79212068 02.4kt 189.9deg 0.0 meters ---. 234.8 meters(---sec)to WP1
11:13:20 35.66689037, 139.79212638 02.3kt 176.3deg 0.0 meters ---. 236.4 meters(---sec)to WP1
11:13:21 35.66688043, 139.79213333 01.3kt 176.5deg 0.0 meters ---. 237.7 meters(---sec)to WP1
11:13:22 35.66687728, 139.79213630 00.6kt 176.6deg 0.0 meters ---. 238.1 meters(---sec)to WP1
11:13:23 35.66687763, 139.79213750 00.0kt 000.0deg 0.0 meters ---. 238.2 meters(---sec)to WP1
11:13:24 35.66688270, 139.79212200 04.0kt 292.3deg 0.0 meters ---. 236.9 meters(---sec)to WP1
11:13:25 35.66688440, 139.79210312 04.2kt 268.9deg 0.0 meters ---. 235.7 meters(---sec)to WP1
11:13:26 35.66687987, 139.79208397 04.2kt 253.7deg 0.0 meters ---. 235.1 meters(---sec)to WP1
11:13:27 35.66686668, 139.79205808 04.7kt 248.4deg 0.0 meters ---. 234.9 meters(---sec)to WP1
11:13:28 35.66686038, 139.79202663 05.9kt 267.3deg 0.0 meters ---. 233.9 meters(---sec)to WP1
11:13:29 35.66686222, 139.79199122 05.4kt 281.5deg 0.0 meters ---. 231.9 meters(---sec)to WP1
11:13:30 35.66687403, 139.79195457 06.8kt 294.0deg 0.0 meters ---. 229.0 meters(---sec)to WP1
11:13:31 35.66690475, 139.79191130 09.8kt 316.0deg 0.0 meters ---. 224.0 meters(---sec)to WP1
11:13:32 35.66692722, 139.79188103 07.2kt 315.9deg 0.0 meters ---. 220.4 meters(59sec)to WP1
11:13:33 35.66694477, 139.79185178 06.4kt 310.8deg 0.0 meters ---. 217.3 meters(54sec)to WP1
11:13:34 35.66697707, 139.79182008 07.0kt 315.8deg 0.0 meters ---. 212.7 meters(47sec)to WP1
11:13:35 35.66700117, 139.79179822 08.0kt 318.9deg 0.0 meters ---. 209.4 meters(52sec)to WP1
11:13:36 35.66703198, 139.79178063 07.8kt 312.8deg 0.0 meters ---. 205.6 meters(50sec)to WP1
```

WP1通過時の様子

WP1を通過すると
(動画17sec)

コースラインからの
偏移を算出、表
示している様子が
わかる。

出力されたログファイル(WP 1 通過時)

11:14:05	35.66800883, 139.79073782	11.6kt	349.8deg	0.0 meters	66.6 meters(9sec)to WP1
11:14:06	35.66807162, 139.79072207	11.9kt	349.5deg	0.0 meters	59.5 meters(6sec)to WP1
11:14:07	35.66812433, 139.79070692	11.8kt	350.2deg	0.0 meters	53.5 meters(5sec)to WP1
11:14:08	35.66817373, 139.79070542	11.7kt	350.5deg	0.0 meters	48.1 meters(4sec)to WP1
11:14:09	35.66823280, 139.79069702	11.7kt	351.9deg	0.0 meters	41.6 meters(3sec)to WP1
11:14:10	35.66828063, 139.79069548	09.5kt	354.8deg	0.0 meters	36.5 meters(2sec)to WP1
11:14:11	35.66833198, 139.79068777	10.8kt	353.9deg	0.0 meters	31.0 meters(1sec)to WP1
11:14:12	35.66838148, 139.79067303	10.4kt	349.3deg	0.0 meters	25.4 meters(---sec)to WP1
11:14:13	35.66842987, 139.79065118	10.4kt	350.1deg	0.0 meters	19.7 meters(---sec)to WP1
-----4 minutes Behind-----					
11:14:14	35.66848112, 139.79065573	10.1kt	359.0deg	14.9 meters Left.	1542.8 meters(---sec)to WP2
11:14:15	35.66852477, 139.79066892	08.9kt	010.3deg	12.1 meters Left.	1546.9 meters(---sec)to WP2
11:14:16	35.66856543, 139.79067855	08.6kt	015.0deg	9.3 meters Left.	1550.6 meters(---sec)to WP2
11:14:17	35.66859800, 139.79068448	06.6kt	006.5deg	7.0 meters Left.	1553.4 meters(---sec)to WP2
11:14:18	35.66862333, 139.79068522	05.2kt	354.8deg	4.9 meters Left.	1555.3 meters(---sec)to WP2
11:14:19	35.66864063, 139.79067868	04.0kt	336.6deg	3.1 meters Left.	1556.1 meters(---sec)to WP2
11:14:20	35.66864852, 139.79066297	02.6kt	323.8deg	1.5 meters Left.	1555.7 meters(---sec)to WP2
11:14:21	35.66865562, 139.79065028	02.7kt	314.5deg	0.1 meters Left.	1555.3 meters(---sec)to WP2
11:14:22	35.66866243, 139.79063348	03.6kt	304.4deg	1.5 meters RIGht.	1554.7 meters(---sec)to WP2
11:14:23	35.66867042, 139.79060772	05.2kt	291.0deg	3.7 meters RIGht.	1553.6 meters(---sec)to WP2
11:14:24	35.66867568, 139.79058252	04.6kt	278.4deg	5.6 meters RIGht.	1552.3 meters(---sec)to WP2
11:14:25	35.66867258, 139.79054718	05.5kt	264.7deg	7.5 meters RIGht.	1549.7 meters(---sec)to WP2
11:14:26	35.66866487, 139.79051497	07.4kt	249.5deg	8.8 meters RIGht.	1546.9 meters(---sec)to WP2
11:14:27	35.66864410, 139.79047372	09.5kt	237.7deg	9.6 meters RIGht.	1542.6 meters(---sec)to WP2
11:14:28	35.66861650, 139.79042442	11.4kt	231.8deg	10.3 meters RIGht.	1537.2 meters(---sec)to WP2
11:14:29	35.66857778, 139.79037170	13.0kt	228.2deg	10.3 meters RIGht.	1530.8 meters(---sec)to WP2
11:14:30	35.66853298, 139.79031128	14.4kt	226.4deg	10.2 meters RIGht.	1523.4 meters(---sec)to WP2
11:14:31	35.66848547, 139.79024212	15.0kt	226.1deg	10.1 meters RIGht.	1515.2 meters(---sec)to WP2

WP通過した際の出力。WPにどれだけ早く(遅く)到着したかを出力する。

時刻

座標

速度 方位

コースライン
からのずれ

次のWPまでの距離
と予測時間

出力されたログファイル（目的地到達時）

```
11:30:20 35.66861008, 139.79179929 23.9kt 314.7deg 0.7 meters Left. 72.7 meters(15sec)to WP7
11:30:21 35.66868103, 139.79166157 22.5kt 314.1deg 0.7 meters Left. 61.3 meters(3sec)to WP7
11:30:22 35.66875122, 139.79157383 20.8kt 314.0deg 1.1 meters Left. 50.2 meters(2sec)to WP7
11:30:23 35.66881347, 139.79149367 18.9kt 314.3deg 1.6 meters Left. 40.2 meters(1sec)to WP7
11:30:24 35.66887077, 139.79142478 17.4kt 314.8deg 1.7 meters Left. 31.3 meters(1sec)to WP7
11:30:25 35.66893178, 139.79135463 16.4kt 315.1deg 1.6 meters Left. 22.0 meters(---sec)to WP7
11:30:26 35.66898602, 139.79129957 14.0kt 315.8deg 1.0 meters Left. 14.1 meters(---sec)to WP7

-----On time-----
11:30:27 35.66902552, 139.79124453 13.1kt 308.5deg Arrived at the destination
11:30:28 35.66905353, 139.79117660 13.0kt 290.9deg
11:30:29 35.66905735, 139.79110297 13.8kt 267.5deg
11:30:30 35.66903573, 139.79102693 14.7kt 246.1deg
11:30:31 35.66898547, 139.79095495 16.0kt 234.4deg
11:30:32 35.66893768, 139.79088743 15.6kt 230.1deg
11:30:33 35.66888947, 139.79082157 14.8kt 228.0deg
11:30:34 35.66884507, 139.79076358 13.6kt 226.5deg
```

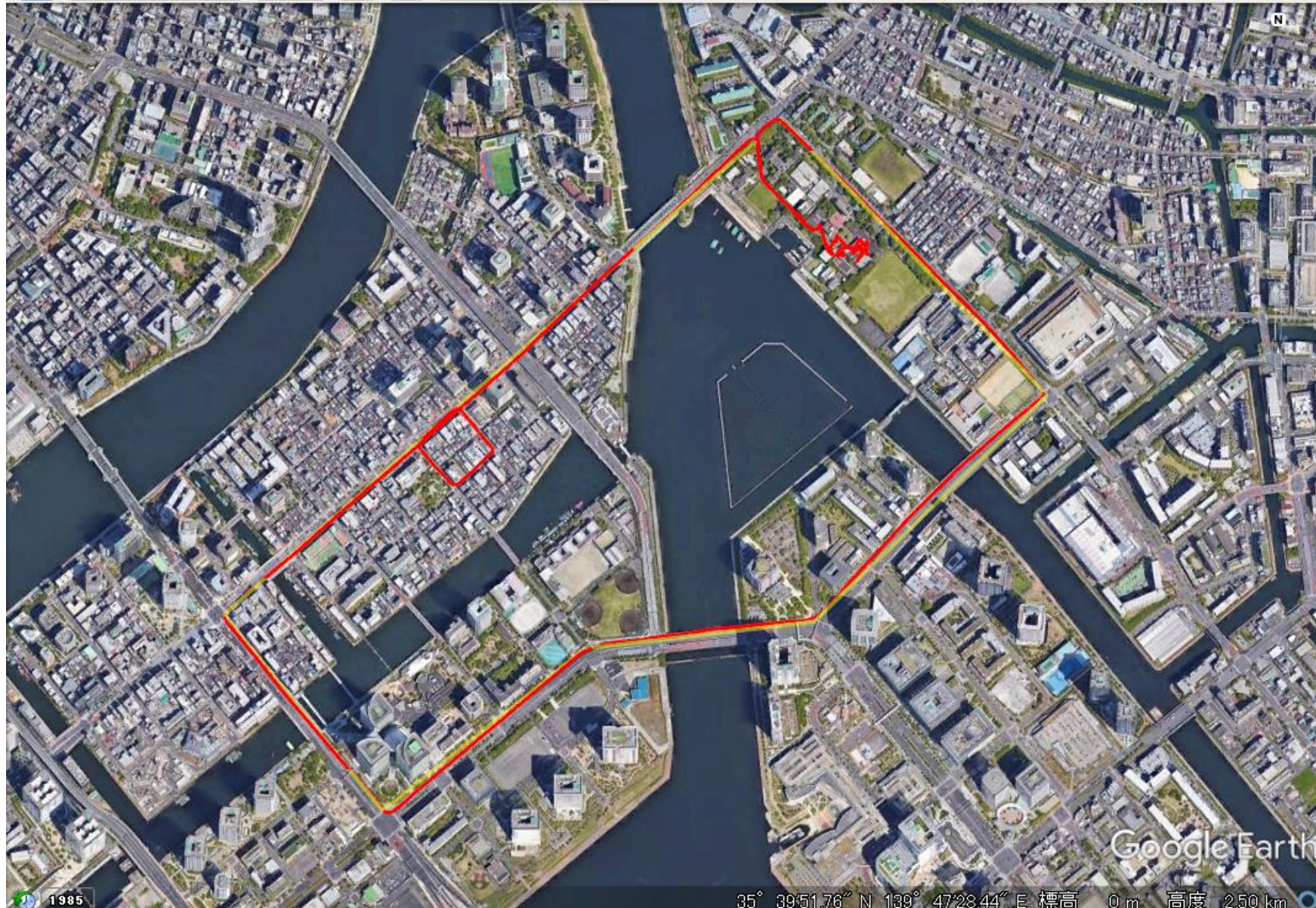
すべてのWPを
通過し、最後
のWP到着点
に到達した際
の出力

ジオフェンシング機能

```
log1028test.txt - メモ帳
ファイル 編集 表示
11:22:11 35.66046008, 139.77943137 30.4kt 229.0deg 2.0m Left. 190.9m(10sec)to WP2
11:22:12 35.66036772, 139.77929322 29.3kt 229.1deg 1.3m Left. 174.7m(9sec)to WP2
11:22:13 35.66028712, 139.77917207 27.8kt 229.3deg 0.7m Left. 160.6m(9sec)to WP2
11:22:14 35.66020445, 139.77905203 27.6kt 229.2deg 0.3m Left. 146.3m(8sec)to WP2
11:22:15 35.66012192, 139.77893328 26.9kt 229.4deg 0.0m Right. 132.2m(7sec)to WP2
11:22:16 35.66004463, 139.77881612 27.0kt 230.2deg 0.7m Right. 118.6m(7sec)to WP2
11:22:17 35.65996255, 139.77869363 27.5kt 230.5deg 1.3m Right. 104.2m(5sec)to WP2
11:22:18 35.65988418, 139.77857683 26.4kt 230.5deg 1.8m Right. 90.6m(5sec)to WP2
11:22:19 35.65980722, 139.77847017 24.6kt 228.2deg 1.9m Right. 77.7m(4sec)to WP2
11:22:20 35.65973082, 139.77837217 22.6kt 225.8deg 1.5m Right. 65.4m(3sec)to WP2
11:22:21 35.65966642, 139.77829222 19.8kt 225.0deg 1.0m Right. 55.2m(2sec)to WP2
*****alarm: She is approaching to dangerous zone 1(46.3 m)*****
11:22:22 35.65961167, 139.77822232 16.3kt 226.6deg 0.6m Right. 46.4m(2sec)to WP2
*****alarm: She is approaching to dangerous zone 1(39.2 m)*****
11:22:23 35.65956782, 139.77816452 12.6kt 227.8deg 0.5m Right. 39.3m(2sec)to WP2
*****alarm: She is approaching to dangerous zone 1(34.2 m)*****
11:22:24 35.65953978, 139.77812193 08.6kt 228.9deg 0.8m Right. 34.3m(1sec)to WP2
*****alarm: She is approaching to dangerous zone 1(30.9 m)*****
11:22:25 35.65952078, 139.77809272 04.9kt 229.1deg 0.9m Right. 30.9m(1sec)to WP2
*****alarm: She is approaching to dangerous zone 1(29.1 m)*****
11:22:26 35.65951123, 139.77807755 02.7kt 229.2deg 1.1m Right. 29.2m(2sec)to WP2
*****alarm: She is approaching to dangerous zone 1(28.7 m)*****
11:22:27 35.65950913, 139.77807402 00.0kt 000.0deg 1.1m Right. 28.8m(---sec)to WP2
*****alarm: She is approaching to dangerous zone 1(28.8 m)*****
11:22:28 35.65950918, 139.77807422 00.0kt 000.0deg 1.1m Right. 28.8m(---sec)to WP2
*****alarm: She is approaching to dangerous zone 1(28.4 m)*****
11:22:29 35.65950587, 139.77807303 00.0kt 000.0deg 0.0m Right. 28.5m(---sec)to WP2
行 593、列 31 100% Windows (CRLF) UTF-8
```

危険エリアとして設定したWP2に近づく
と、ジオフェン
シング機能が作動し、
アラームのログが記
録されていることが
わかる。

実験結果(kmlファイル出力)



左ファイルは自動で出力されるkmlファイルを”Google Earth Pro”で出力した。

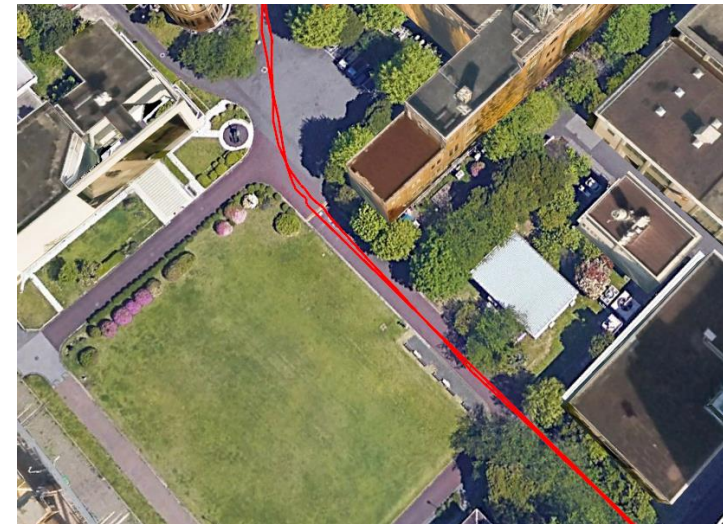
黄色が計画、赤が実際の測位結果。

測位結果拡大



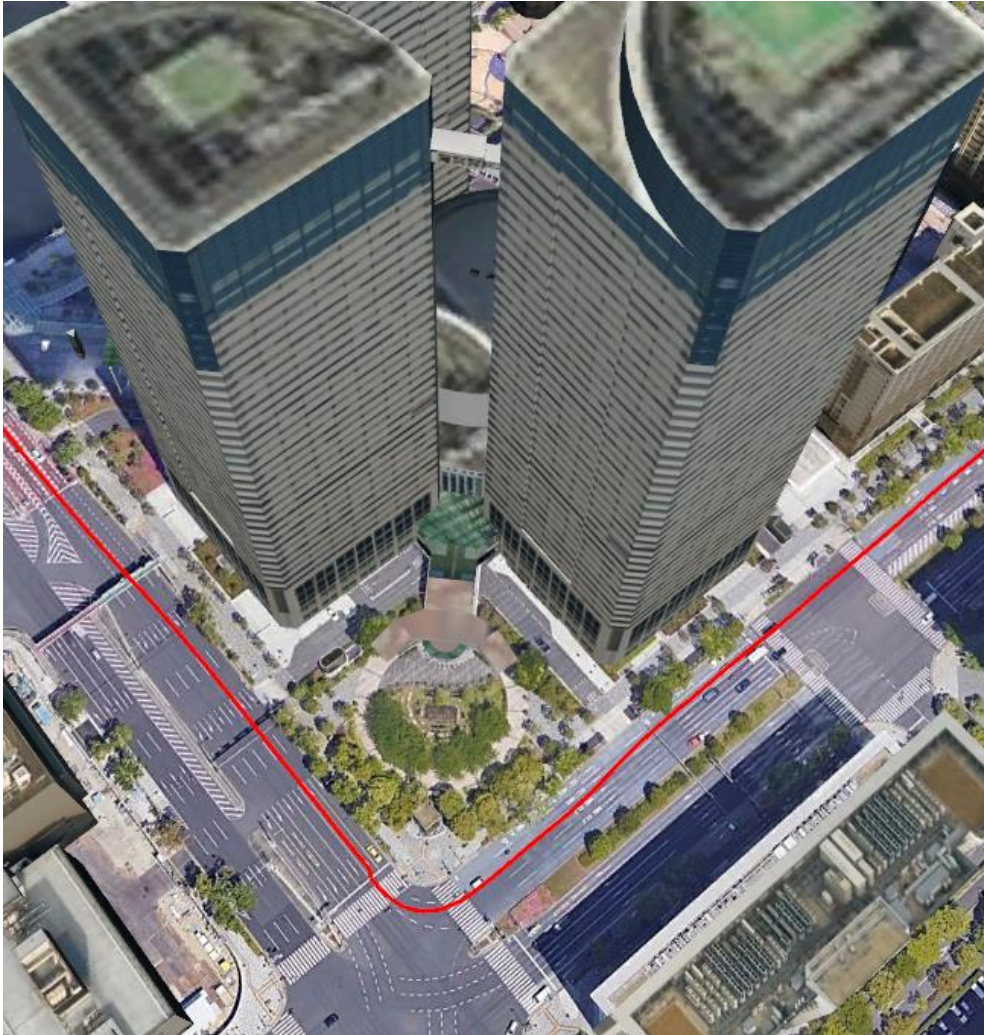
勝どき駅付近

建物に囲まれた場所で携帯端末でもかなり正確に測位ができ、走行した車線まで判別できる。



大学構内

測位結果拡大2



高層ビル付近でも十分正確に
測位が可能（左図）。

Google Earth pro より
OKIクロステック本社前

東京湾での実験(汐路丸)概要

- 概要

実際に海上で汐路丸川で実験を行い、プログラムの動作を確認する。特に携帯電波が途切れずに送信できているかどうかを確認する。

- 実験日時

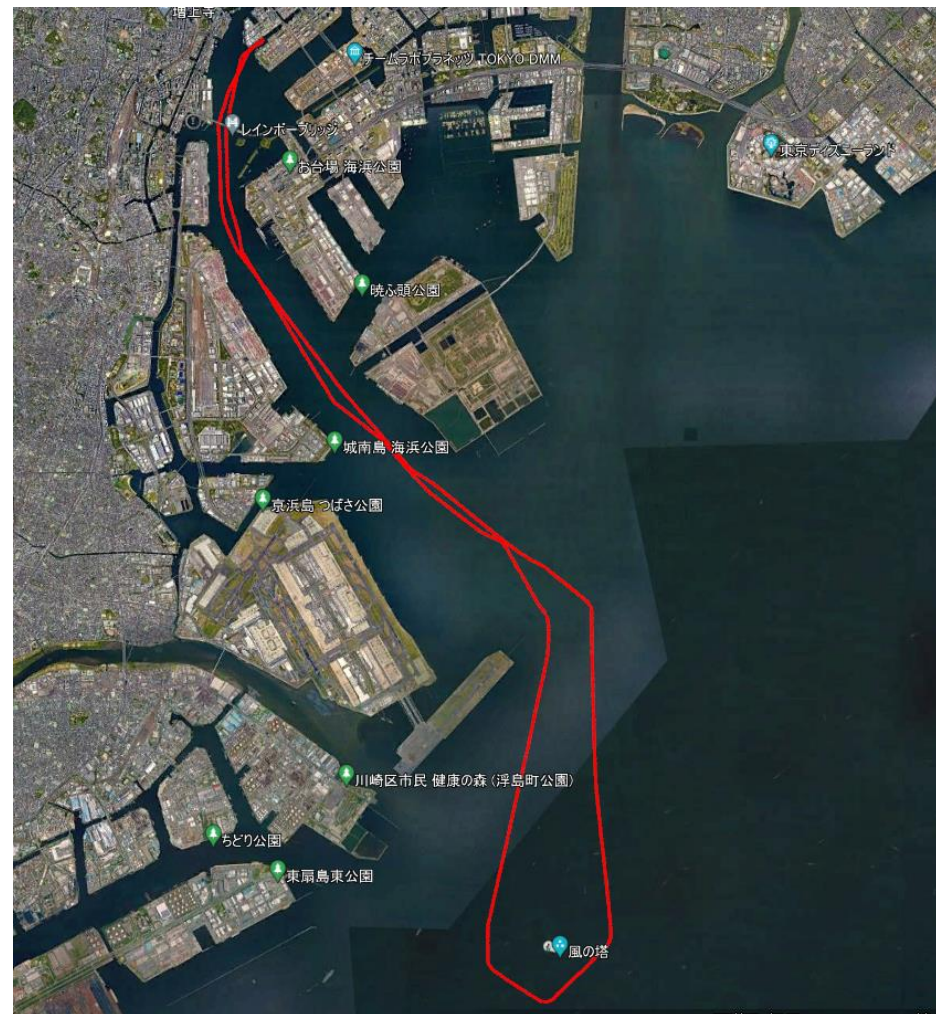
2022 11/18 13:18~15:43

- 使用機材

陸上実験に同じ。

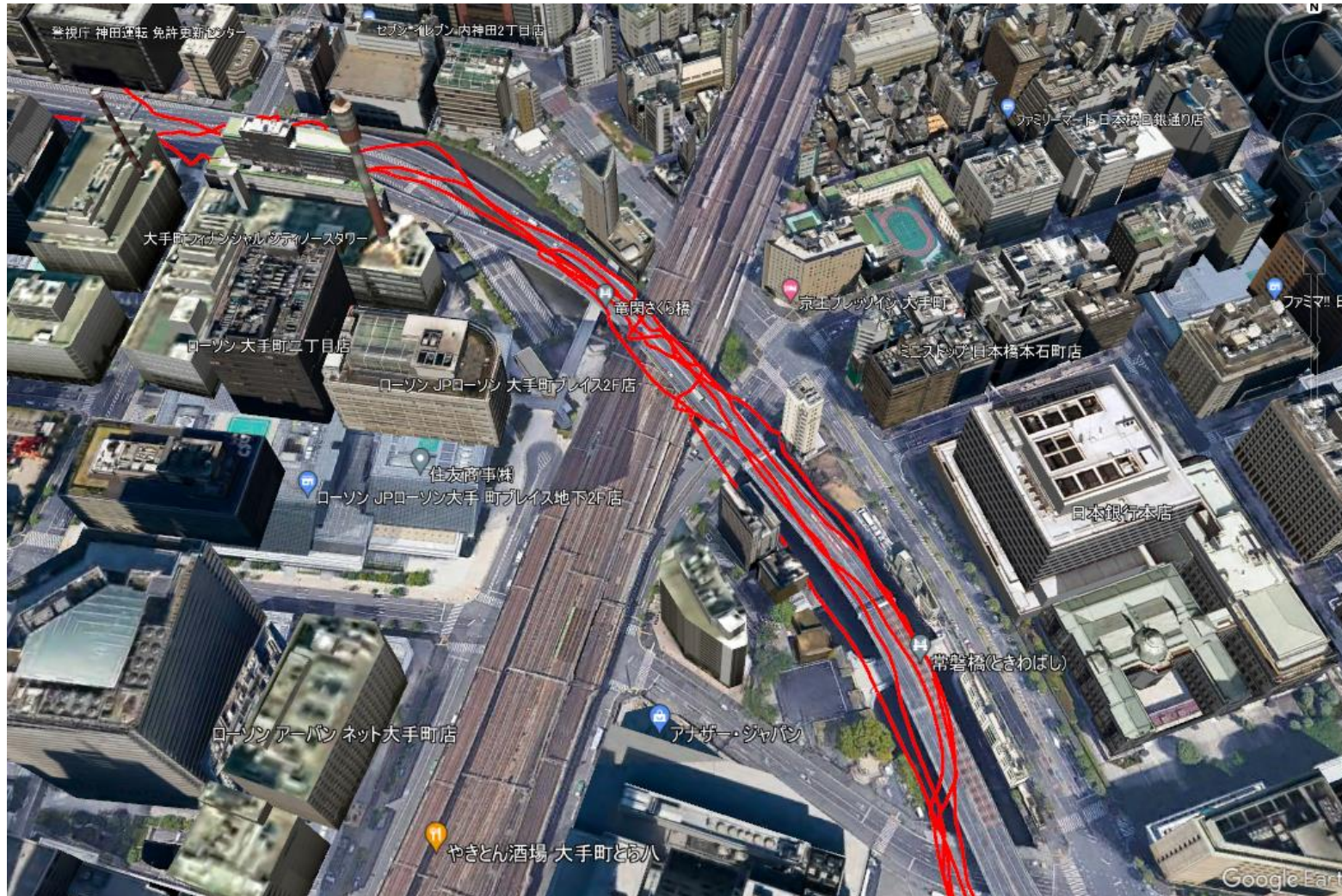
● 結果

途切れることなく船内で測位、位置情報の送信ができた。



Google Earth pro より
東京湾風の塔付近

その他測位結果



高速道路高架下の
水路航行中の測位
結果

日本橋川大手町付
近

劣悪な環境下にお
いても携帯端末は
十分実用的な測位
精度を持つ

結論と課題点

結論

- リアルタイムで携帯の位置情報を入手し各種情報も毎秒計算、出力できた。
- 海上でも安定してプログラムが動作した。
- 携帯端末の測位精度は十分に高い。

課題点

- TCPクライアントのプログラム内での実装。
- ジオフェンシング機能について領域判定の追加を検討。
- サーバーによる位置情報管理に関するセキュリティーの強化。