

歩行者でのGNSSの 測位精度評価に関する研究

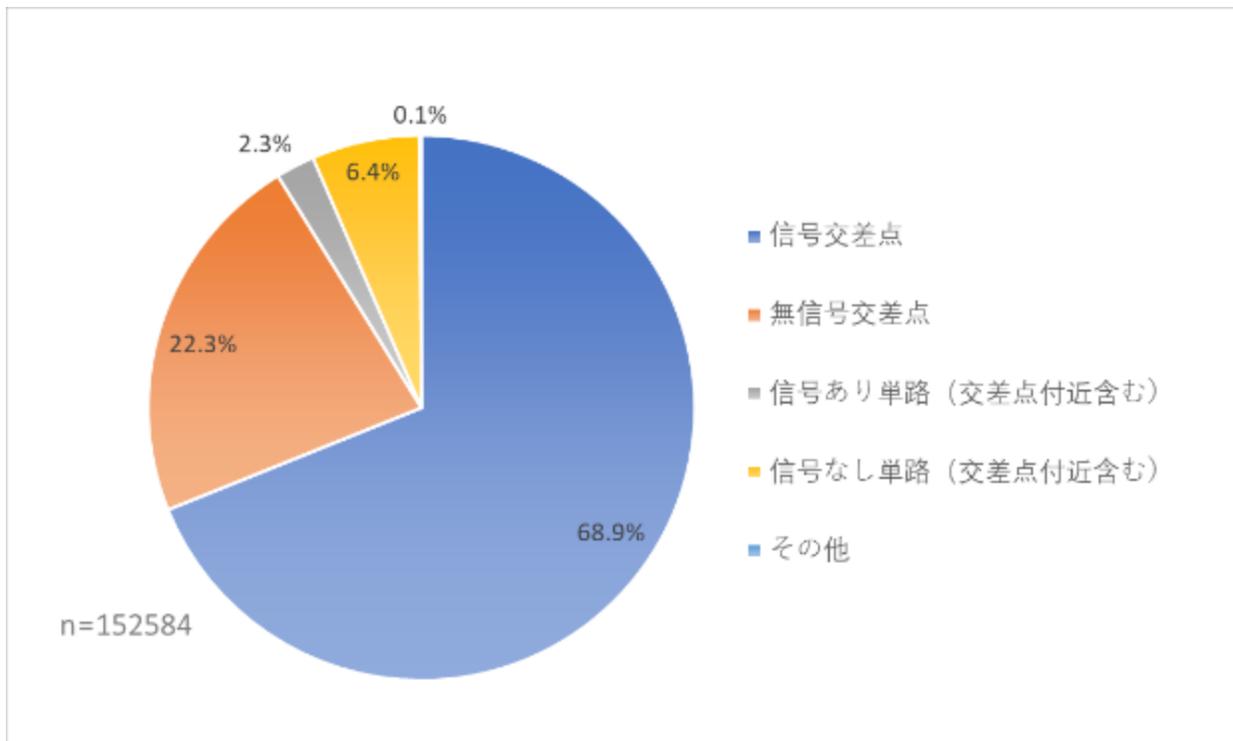
海運ロジスティクス専攻
指導教員 久保信明

2155034 姚凝致

目次

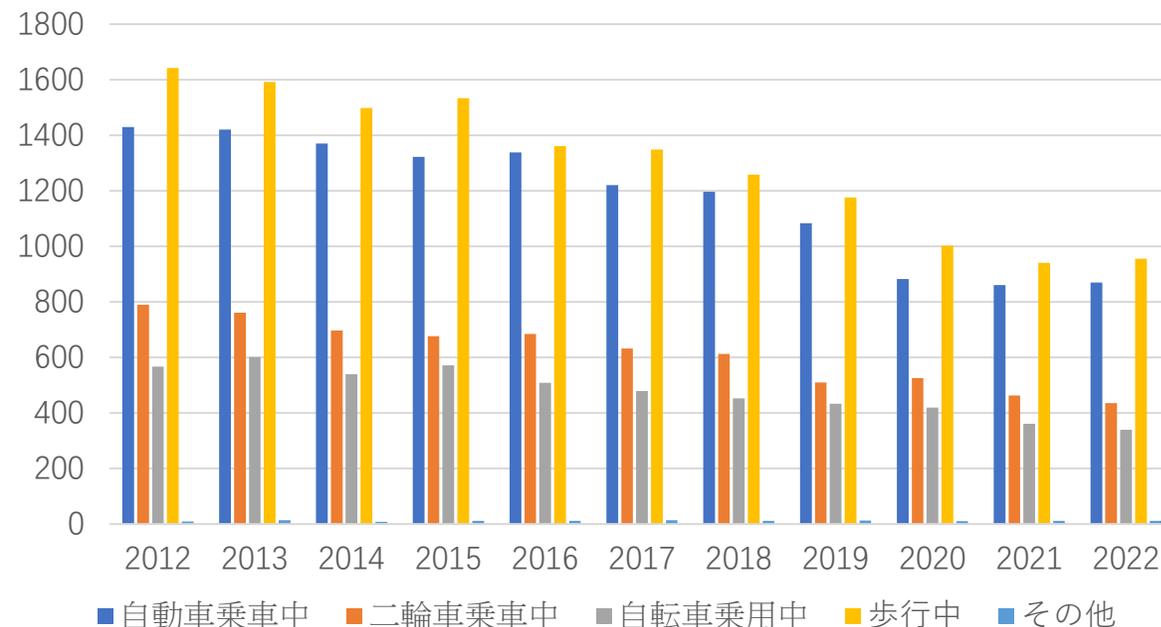
1. はじめに
2. GNSSの測位原理とスマートフォンでの利用可能性
3. スマートフォンでの位置精度
4. 交通事故の多い交差点での実験
5. まとめ

1. はじめに



四輪車と横断歩行者との間で発生した死亡事故の数は、事故発生場所によると、全体の約91%が交差点で発生しており、その中でも約69%が信号交差点で発生している。

状態別死者数 (人)



歩行者を含む非自動車利用者（歩行者、自転車利用者、二輪車利用者）が交通事故の当事者となるケースが多いことが明らかになっている。特に、歩行者が事故の当事者となるケースにおいては、全体の死者数に占める割合が高い。

1. はじめに

スマートフォンを利用した交通事故防止に向けた企業の取り組み



背景

- ・コロナ禍によるデリバリーサービスの需要増加に伴い、自転車・原動機付自転車と自動車の交通事故が増加している。
- ・自動車・原付の対自動車の事故形態は「信号の無い交差点における出会い頭事故」が、それぞれ、24,166件、5,141件と最も多くを占めている。

1. はじめに

各社の役割

実証概要

(1) 自転車・原動機付自転車と自動車の出会い頭情報提供機能の検証

- ・位置情報をトラッキングサーバーに定期的にアップロード、乗り物が接近したことを予測・検知すると、運転手に自動通知。
- ・通知を個別設定、精度の高い事故防止を実現。
- ・アプリ上の位置情報を活用するため、au回線以外でも利用可能。

(2) 運転後の自転車・原動機付自転車の運転結果フィードバック機能の検証

- ・運転結果を運転手へフィードバック。

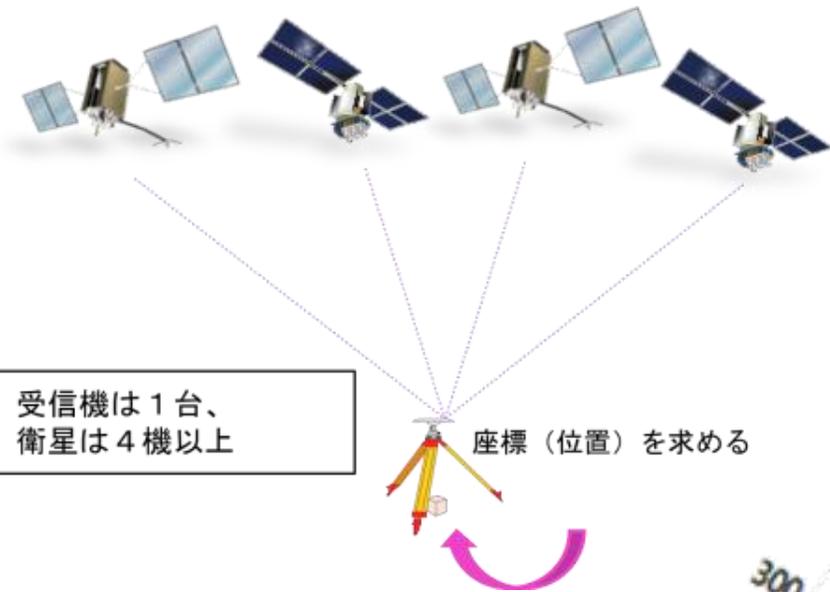
社名	役割
KDDI	自転車・原動機付自転車の存在通知機能、運転結果フィードバックの提供 (スマホ、クラウドの機能配置、アーキテクチャ検討、実装、運転結果分析)
出前館	機能の評価、配達員(自転車・原動機付自転車)の位置情報の提供
三井住友海上	事故の削減・被害軽減効果のデータ提供・検証
MS&ADインターリスク総研	リスクマネジメント施策・リスクアセスメント支援
トヨタ自動車	自転車・原動機付自転車の存在通知機能、運転結果フィードバックの提供 (ドライバーへの通知方法、フィードバック項目検討)
日本交通	機能の評価、ドライバーの位置情報の提供

1. はじめに

本研究で達成したいこと

- スマートフォンを利用したGNSS測位精度の現状調査
- 交通事故の多い交差点での測位精度の評価
- 精度のまとめと応用可能性

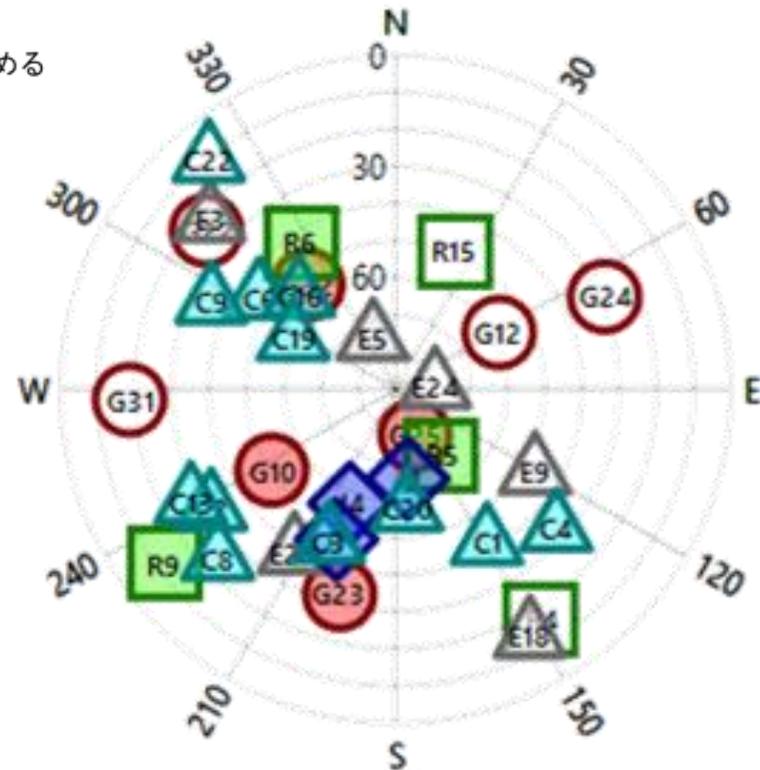
2. スマートフォンでの測位原理は**単独測位**



単独測位

現時点で補正データはない

1. 衛星配置（衛星数）
 2. マルチパス誤差
- この2つに大きく依存



15:11



GnssLogger

Plots Status **Skyplot** AGNSS WLS Analy

Avg Cn0 Used in Fix

18

Avg Cn0 in View

18

Roll Angle

0°

Angle from North

0°

Pitch Angle

0°

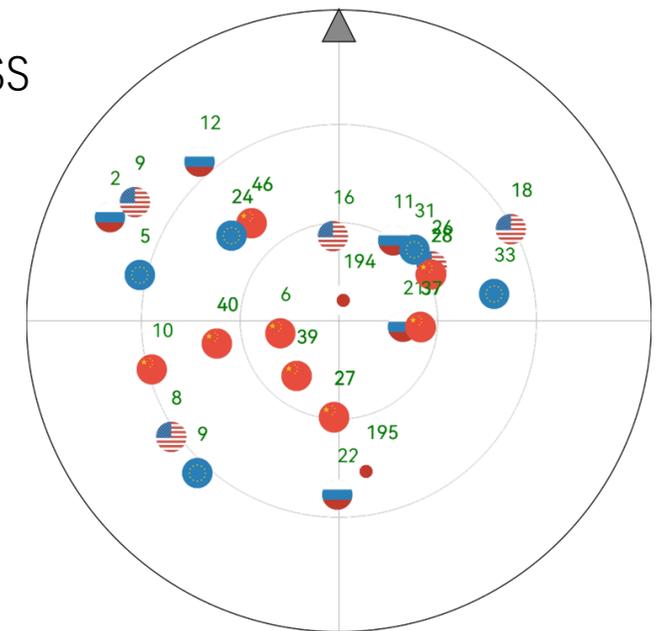
GPS

GLONASS

Galileo

QZSS

BeiDou



▲ Lock North Up

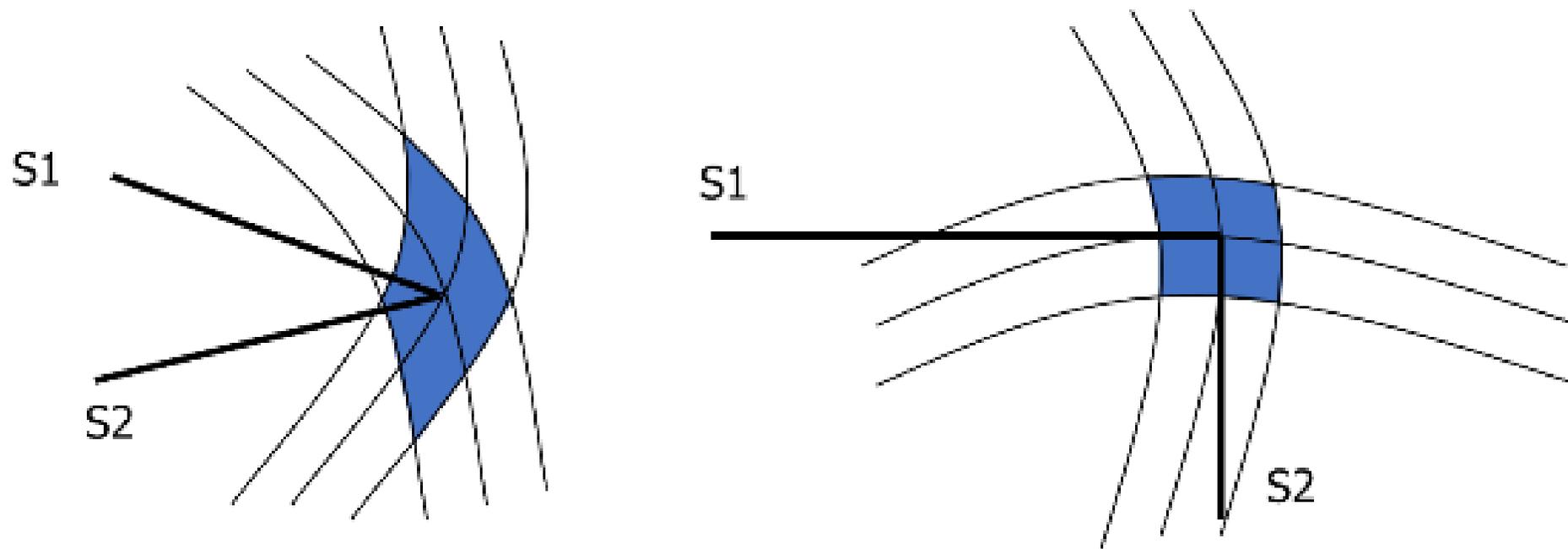
2. GNSSの一般的な測位精度（マルチパス誤差が支配的）

	単独測位	DGNSS	RTK	PPP
オープンスカイ	数m未満	1m未満	1cm	10cm未満
	100%	100%	100%	99%
住宅街	数m～10m	1m～数m	1cm	10cm未満
	100%	100%	90～100%	90～99%
中低層ビル街	数m～10m超	1mから10m超	数cm	10cm～1m
	100%	100%	80～90%	80～90%
高層ビル街	数m～100m超	数m～100m超	数cm～10cm	?
	80～100%	80～100%	50～70%	?

GNSSの精度と利便性は電波環境に大きく依存する。電波伝搬、地形、建物、気象条件、衛星の配置など、さまざまな要因によって影響を受け、これらの要素は全て測位精度に直接影響を及ぼす。特に、都市環境ではビルや構造物によるマルチパス誤差が生じ、測位誤差を増加させる。

スマートフォンもこの単独測位の精度になるのか？

2. 衛星配置による劣化



例：水平精度 = 測定精度 × HDOP

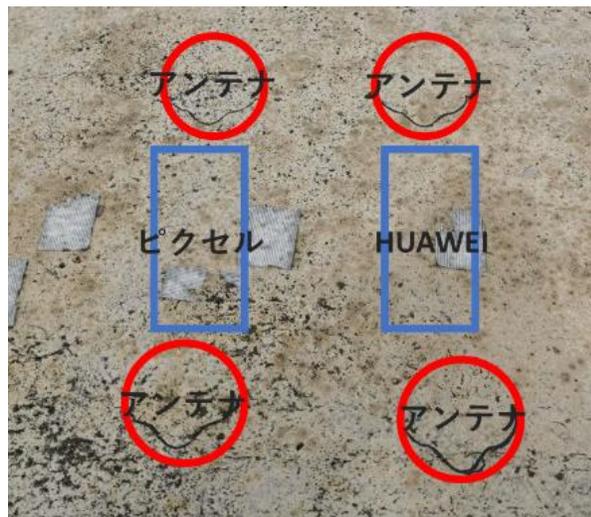
- 本発表（研究）の目的は、スマートフォン単体での実際の測位精度を、真値と同時に実験をすることで評価することである
- その評価結果をもとに、どのようなアプリケーションで利用できるかを今後検討するための材料にして頂きたい

3章から実験と結果

- まずデータ一覧を作る 場所、時間、スマホの機種、どうやって取得したか？レファレンスのとりかた
- 自分でやった場合は写真あり
- HONDAさんのものも写真を利用

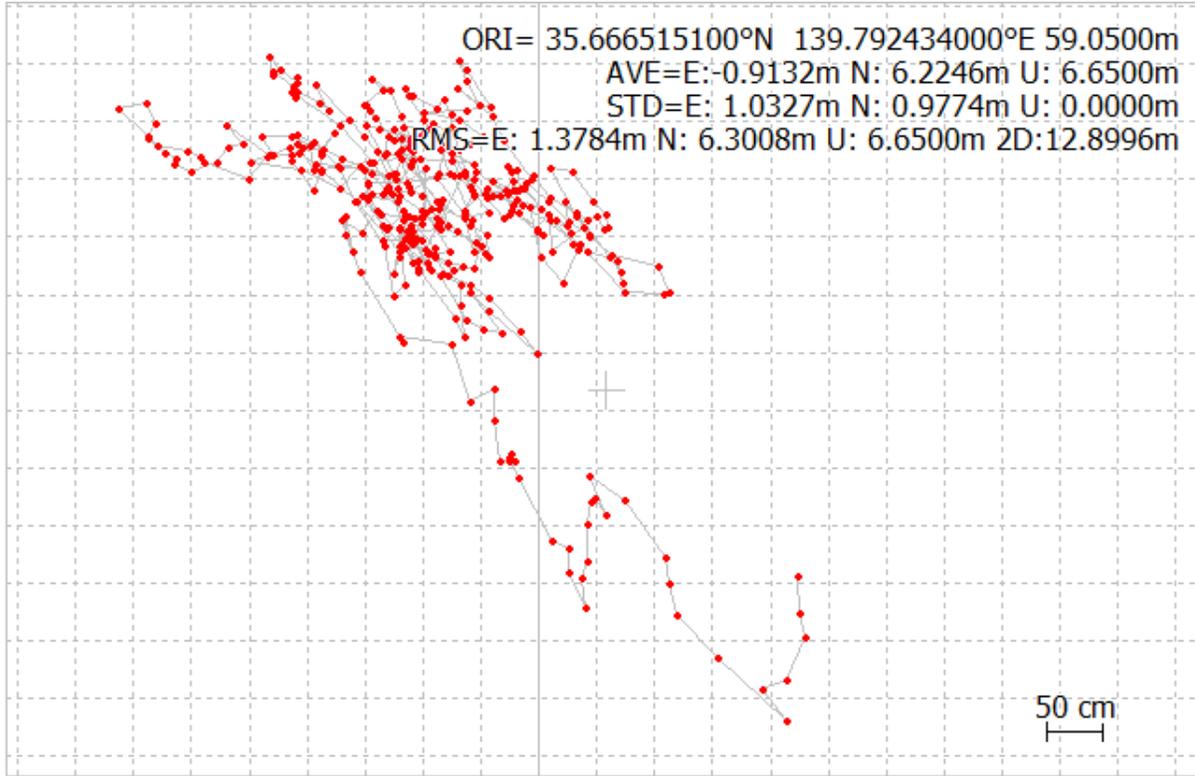
- まずどんなデータをとったかきっちり書く
- スマホのRINEX ON、GNSSロガーを利用 画面をはりつける

3. 屋上での実験

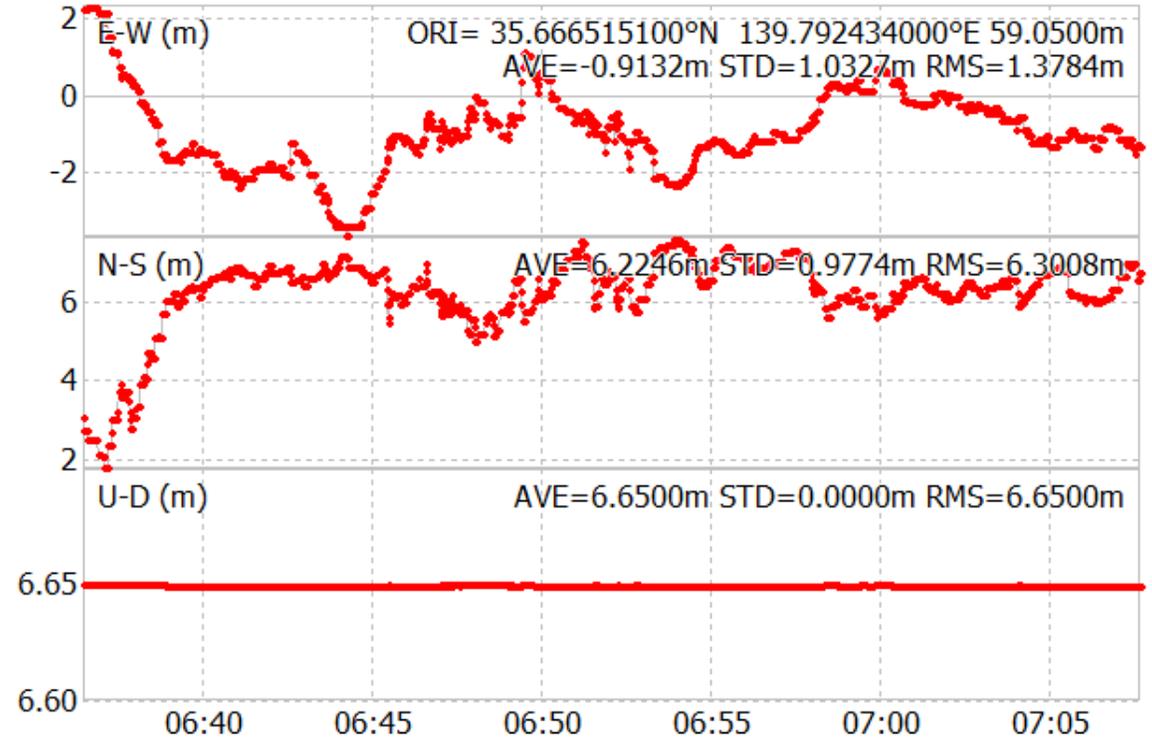


機種	Google Pixel 5a	HUAWEI NOH-AN00
実験場所	第4実験棟屋上	
データの取り方	スマホを横に約30分静置	
アプリ	RINEX on	
時間帯	2023/04/10 06:36:23-07:07:41	2023/04/10 06:36:28-07:07:43
マスク	15	
真値	35.6665159 139.7924330 59.05	35.6665151 139.7924340 59.05

HUAWEI NOH-AN00

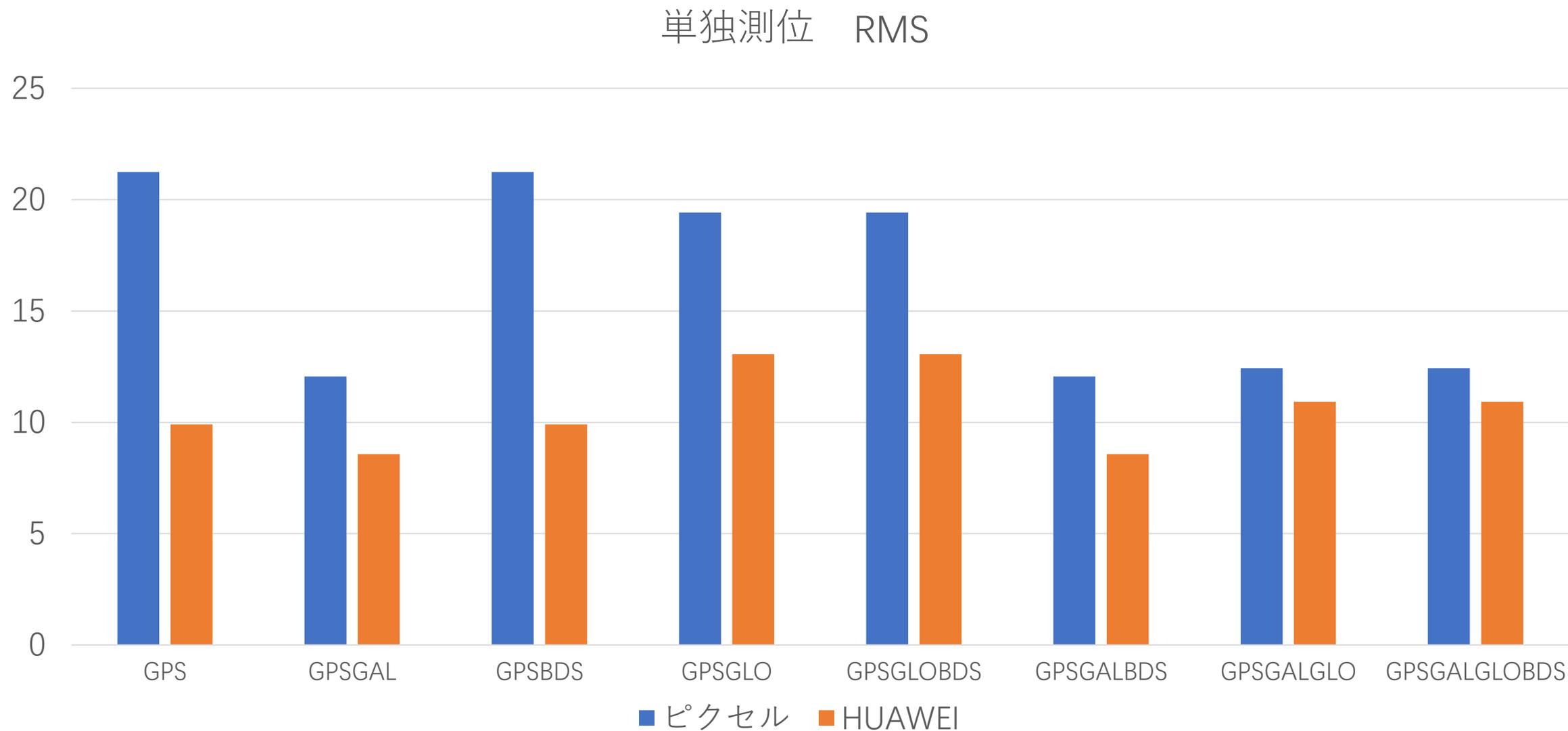


水平プロット



時系列

3. 屋上での実験



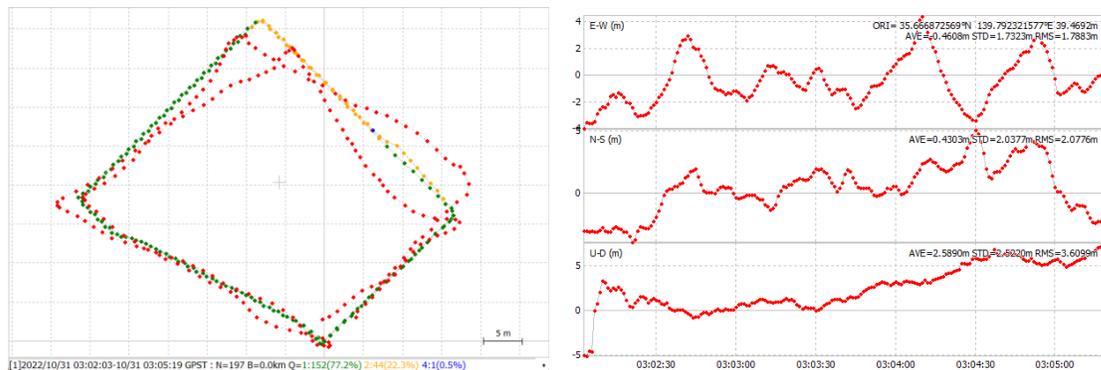
4. 大学構内での実験



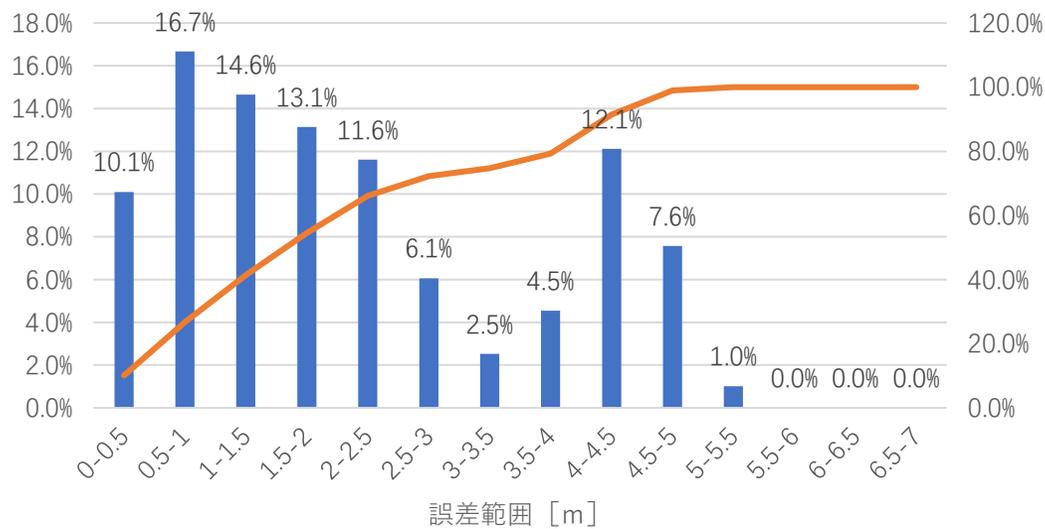
実験場所	3号館	グラウンド (オープンスカイ)
データの取り方	スマホを3パターンずつ持って、時計回り一周と反時計回り一周を歩く、RTKのアンテナは常に左手で同じ位置で持つ	
3パターン	手に持った場合、ポケットに入れた場合、リュックに入れた場合	
アプリ	RINEX on	
時間帯	2023/04 12:00~ 13:00~ 14:00~ 15:00~ 16:00~ 17:00~	2023/04 14:00~

4. 大学構内での実験

3号館 1回目

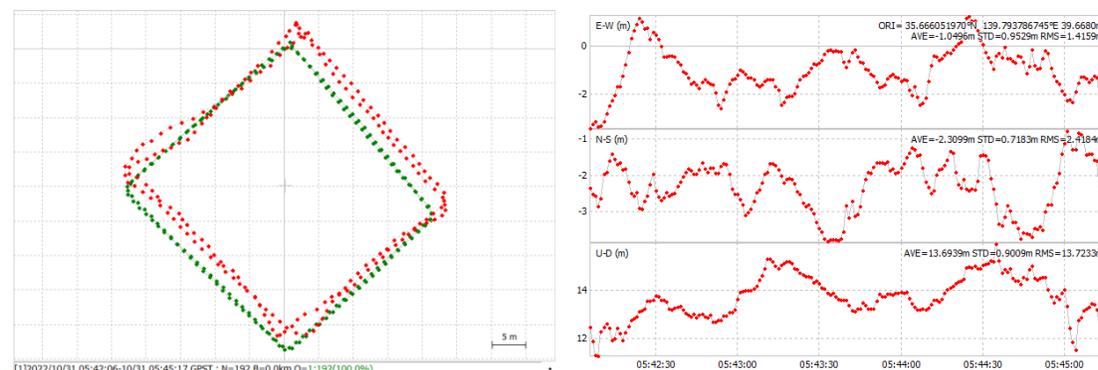


水平誤差 ヒストグラム

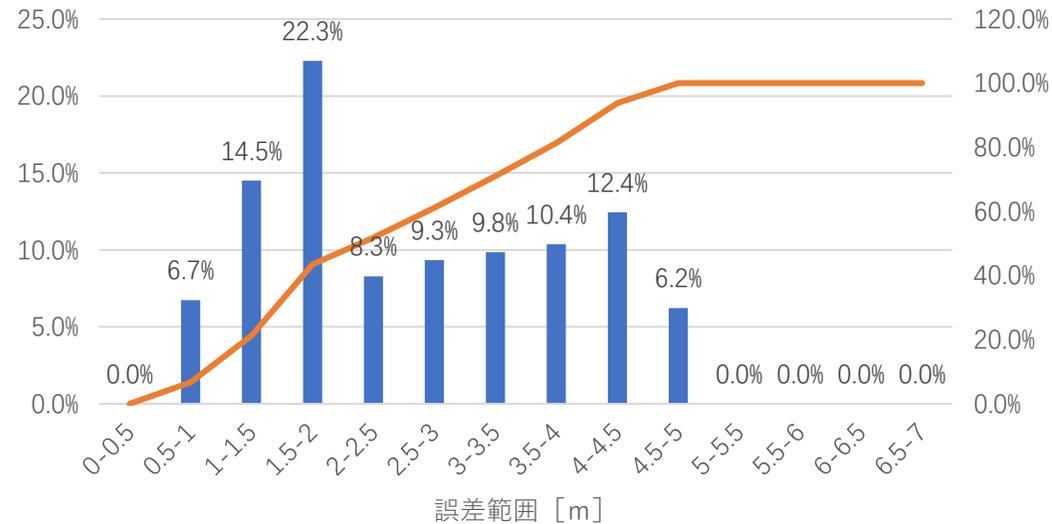


手に持つ

オープンスカイ

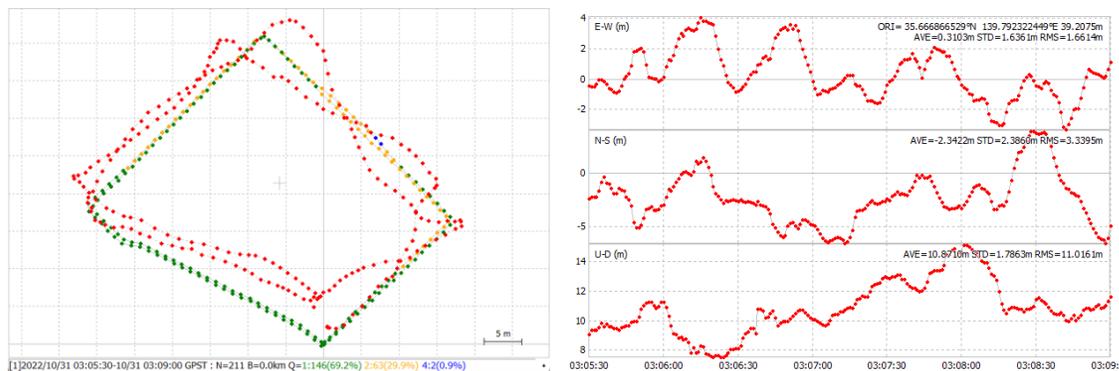


水平誤差 ヒストグラム

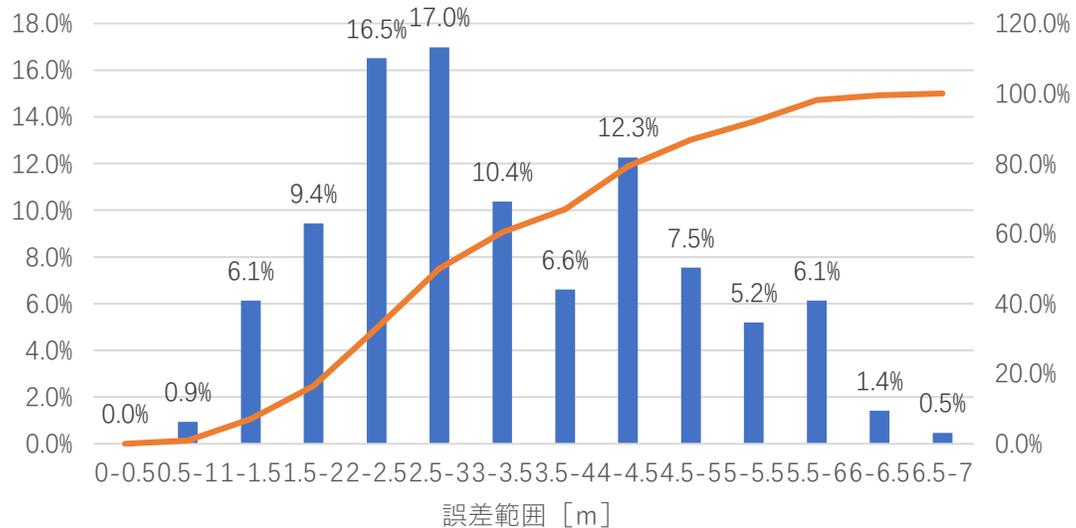


4. 大学構内での実験

3号館 1回目

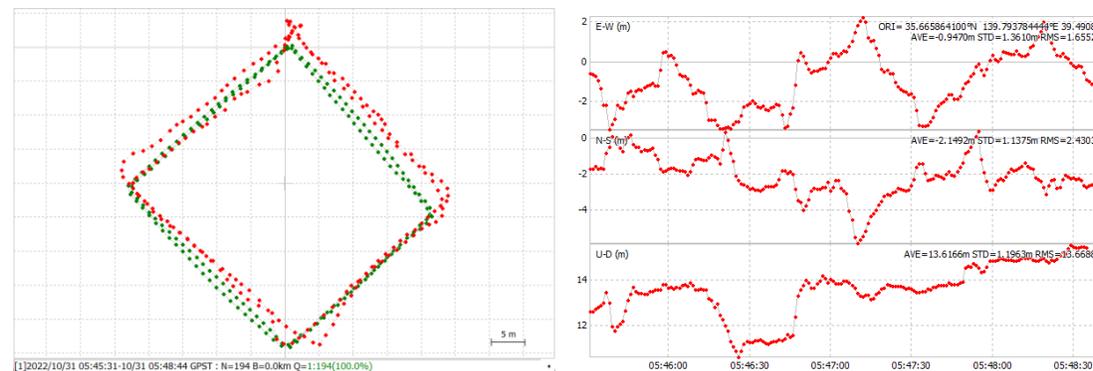


水平誤差 ヒストグラム

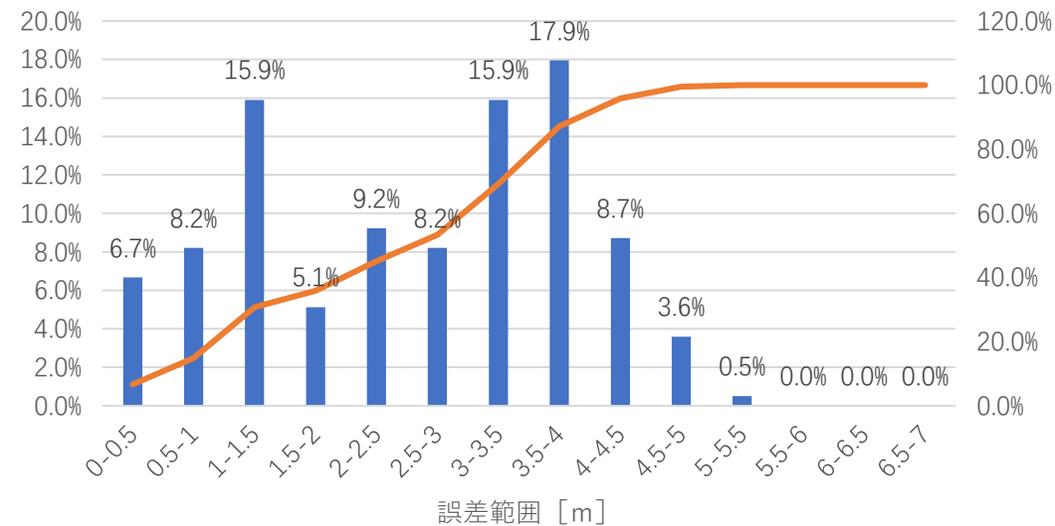


ポケット

オープンスカイ

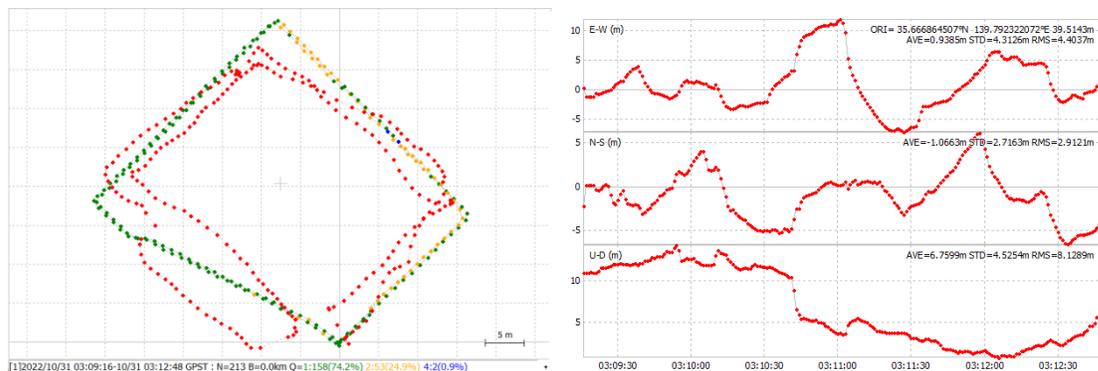


水平誤差 ヒストグラム

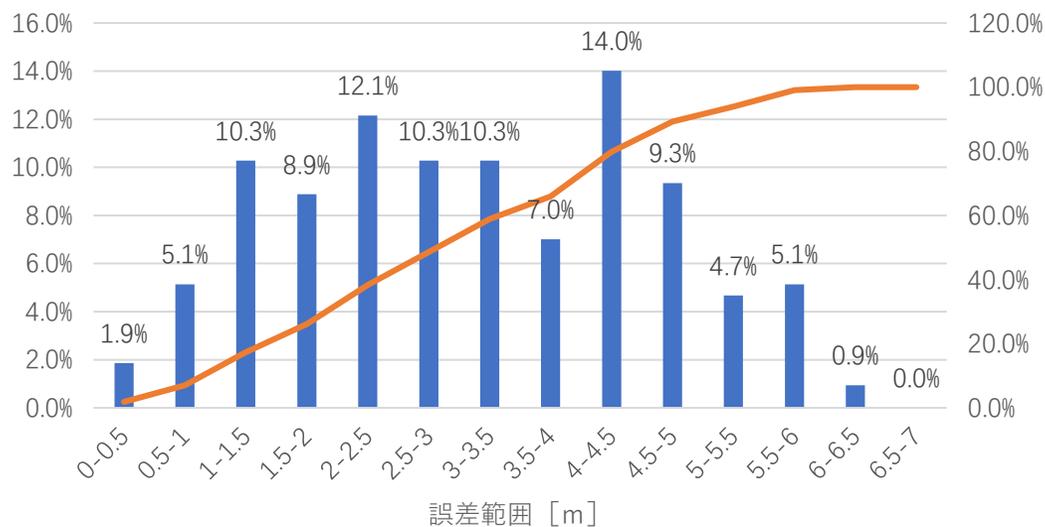


4. 大学構内での実験

3号館 1回目

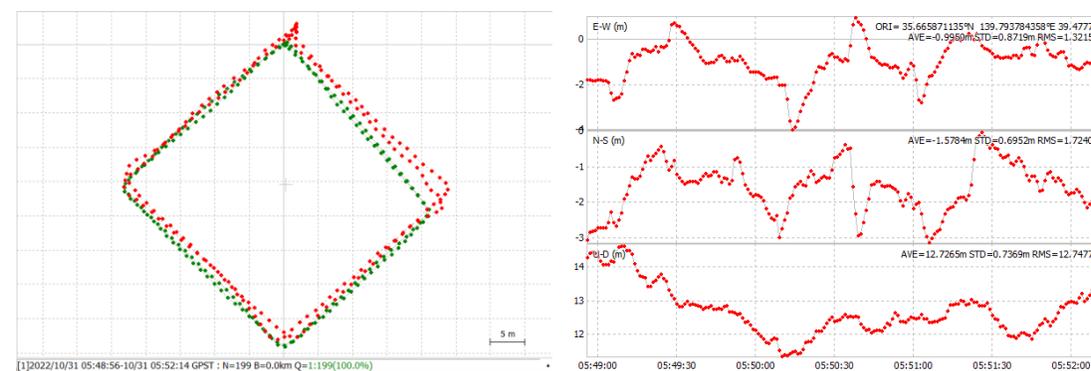


水平誤差 ヒストグラム

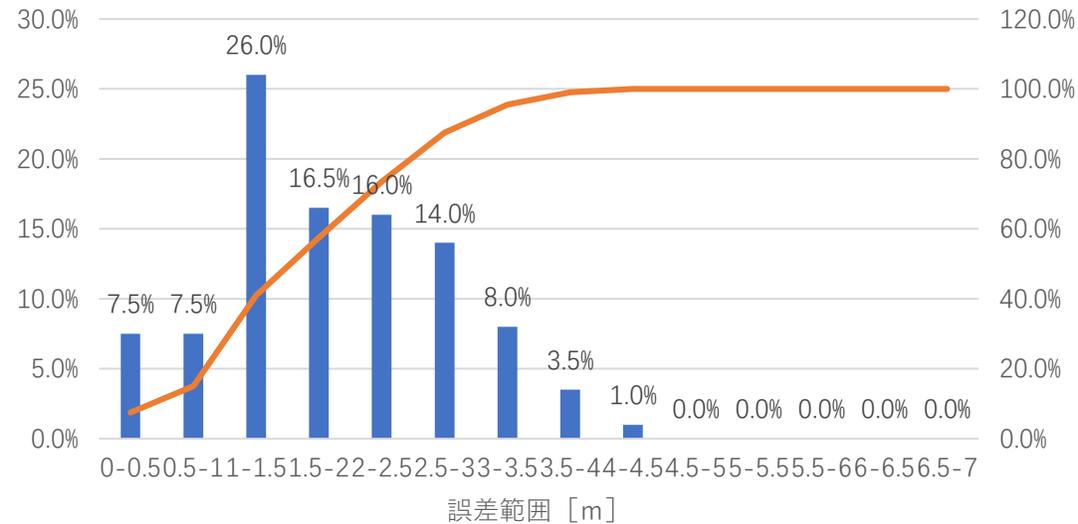


リュック

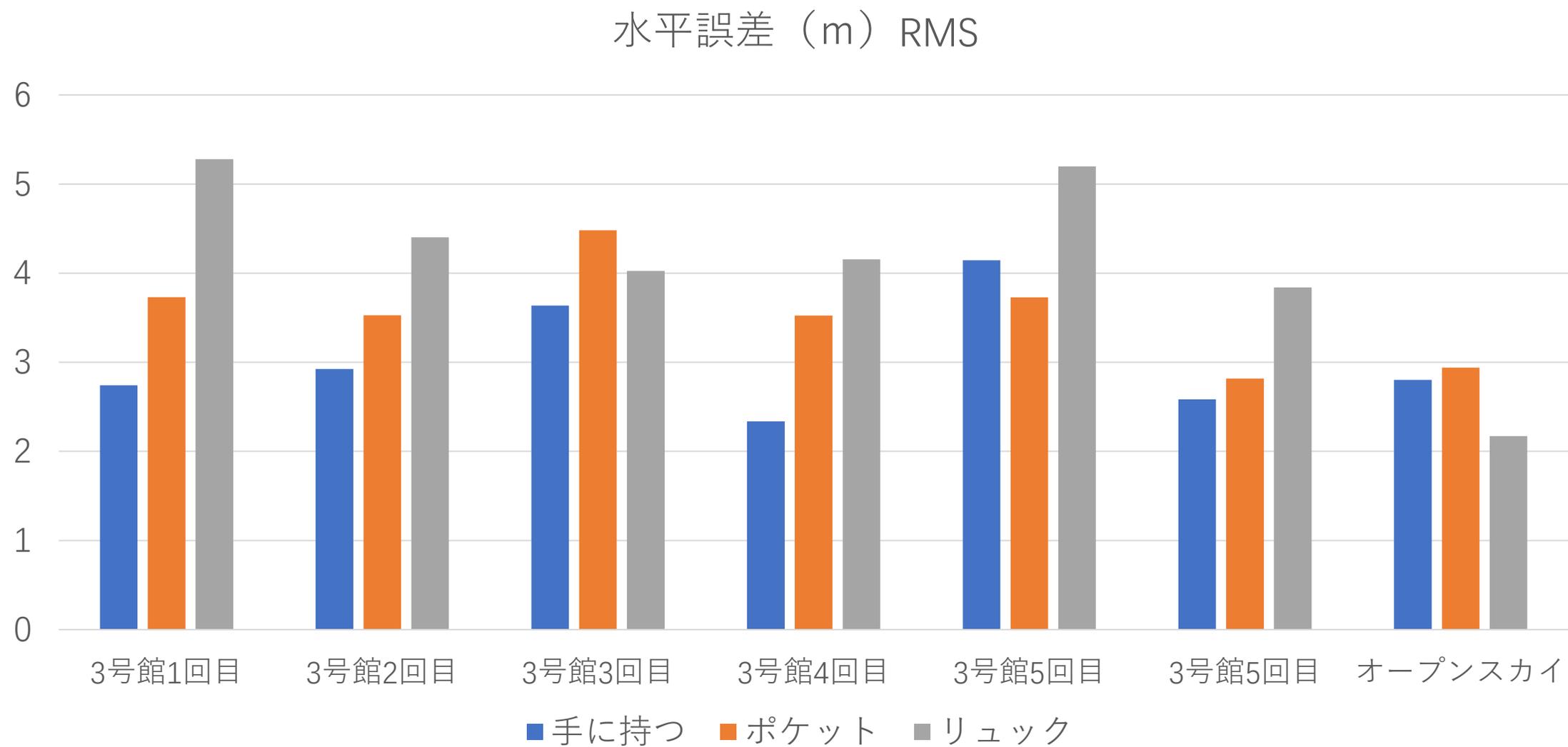
オープンスカイ



水平誤差 ヒストグラム



4. 大学構内での実験



5. 都内複数個所での実験

環境	場所	Googleマップリンク	測定日
オープンスカイ	有明	35.636021, 139.798374	2023/05/26 2023/06/21
住宅街	両国	35.696999, 139.798333	2023/06/01 2023/06/23
	越中島	35.669800, 139.793082	2023/06/01 2023/06/23
ビル街	丸の内	35.678418, 139.763452	2023/06/01 2023/06/30

5. 都内複数個所での実験

	有明 2023/05/26 (オープンスカイ)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	1.58	10.92	6.9	0.14	57.68	0	25.8	26.44
Xiaomi11T	2.48	5.73	8.3	0.112	100	13.02	18.89	99.89
Pixel4A	3.74	8.3	6.7	0.138	98	85.41	99.88	100
	両国 2023/06/01 (住宅街)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	18.8	16.56	21.6	0.514	24.65	24.35	69.8	59.17
Xiaomi11T	18.13	31.18	14.8	0.265	1.2	0	99.25	99.7
Pixel4A	12.5	6.84	21.2	0.36	37.8	72.92	99.11	99.55
	越中島 2023/05/26 (住宅街)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	3.69	4.61	12.1	0.21	42.08	78.8	32.53	41.97
Xiaomi11T	5.65	13.54	10.2	0.182	96.22	4.09	99.48	99.69
Pixel4A	20.8	21.3	20.7	0.427	2.99	25.27	99.04	99.89
	丸の内 2023/05/26 (ビル街)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	4.7	12.9	321.2	0.112	84.29	12.91	62.73	84.65
Xiaomi11T	3.78	15.01	12.1	0.085	98.53	11.64	98.16	100
Pixel4A	45.8	58.4	341.3	0.737	15.73	19.12	89.73	98.7

	有明 2023/06/21 (オープンスカイ)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	4.06	8.53	11.2	0.218	22.19	0	21.1	27.06
Xiaomi11T	3.33	7.35	7.7	0.125	99.46	0	99.68	99.57
Pixel4A	3.59	4.53	8.9	0.143	98.1	53.1	99.66	99.66
	両国 2023/06/23 (住宅街)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	12.05	6.4	26.5	0.46	1.18	56.19	59.14	55.21
Xiaomi11T	11.65	11.33	20	0.4	0	9.15	99.39	100
Pixel4A	11.28	19.68	21.1	0.44	0.13	32.84	99.2	99.87
	越中島 2023/06/23 (住宅街)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	5.6	14.48	21.3	0.31	40.46	41.51	45.91	55.69
Xiaomi11T	3.99	18.64	14.5	0.212	93.21	0.24	99.12	99.92
Pixel4A	6.26	12.07	18.7	0.236	49.33	15.37	99.76	100
	丸の内 2023/06/30 (ビル街)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	10.42	16.19	187.8	0.17	63.75	48.8	58.43	85.93
Xiaomi11T	16.4	40.38	325.9	0.12	75.46	52.14	96.58	99.88
Pixel4A	34.4	86.2	337.5	0.326	8.26	13.94	88.81	98.9

5. 都内複数個所での実験

	理想 2023/05/26 (有明)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	1.58	10.92	6.9	0.14	57.68	0	25.8	26.44
Xiaomi11T	2.48	5.73	8.3	0.112	100	13.02	18.89	99.89
Pixel4A	3.74	8.3	6.7	0.138	98	85.41	99.88	100
	手 2023/05/26 (有明)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	3.9	10.38	8.3	0.12	4.15	0	22.23	24.26
Xiaomi11T	2.69	12.87	6	0.116	100	0	99.89	99.55
Pixel4A	2.79	5.1	8.1	0.155	100	32.58	99.77	99.66
	ポケット 2023/05/26 (有明)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	4.73	9.78	13.8	0.176	61.19	0	71.77	92.58
Xiaomi11T	2.29	9.02	8.7	0.165	100	3.62	99.68	99.79
Pixel4A	5.8	6.95	16.3	0.33	89.05	20.43	99.66	99.32
	かばん 2023/05/26 (有明)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	1.92	19.67	7.8	0.158	88.35	0	34.84	36.65
Xiaomi11T	1.95	8.14	9.9	0.156	100	0	99.44	99.44
Pixel4A	1.99	8.98	9.3	0.165	100	25.27	100	100

	理想 2023/06/21 (有明)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	4.06	8.53	11.2	0.218	22.19	0	21.1	27.06
Xiaomi11T	3.33	7.35	7.7	0.125	99.46	0	99.68	99.57
Pixel4A	3.59	4.53	8.9	0.143	98.1	53.1	99.66	99.66
	手 2023/06/21 (有明)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	3.98	9.36	13.7	0.2	5.74	0	15.6	20.8
Xiaomi11T	1.85	9.3	10.7	0.166	100	0	99.57	99.57
Pixel4A	5.59	5.35	12.3	0.208	48.29	23.72	99.14	99.14
	ポケット 2023/06/21 (有明)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	8.25	11.58	20.3	0.22	53.01	0	65.64	91.81
Xiaomi11T	3.23	7.64	10.9	0.187	97.72	9.53	99.67	99.24
Pixel4A	10.23	9.9	18.4	0.419	90.3	15.52	99.46	98.28
	かばん 2023/06/21 (有明)							
	95%誤差				アキュラシイ精度			
	水平	高度	方位	速度	水平	高度	方位	速度
Pixel6pro	3.32	10.68	12.4	0.226	40.9	3.55	22.98	36.8
Xiaomi11T	2.79	7.65	9.9	0.17	100	1.02	99.21	99.44
Pixel4A	3.95	7.15	15.7	0.225	93.07	71.72	99.67	99.78

6. 死亡事故発生現場の実験

本実験では、2021年12月から2022年1月に実施された。実験の測定場所と測定日を表4.1に列挙した。一部場所を除き、ほぼ交通量の多い場所であった。選んだ地点に、高架下の場所はなかったが、ビル街の場所は多かった。

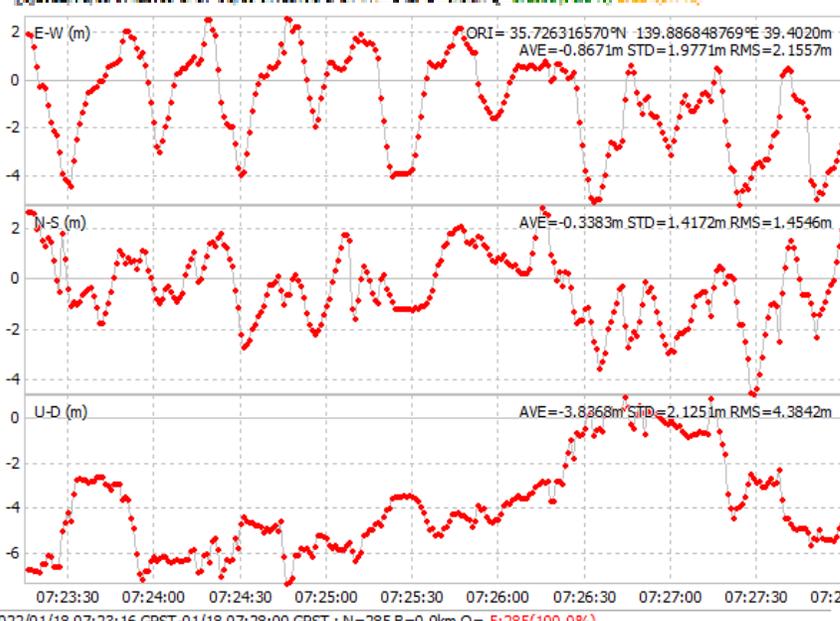
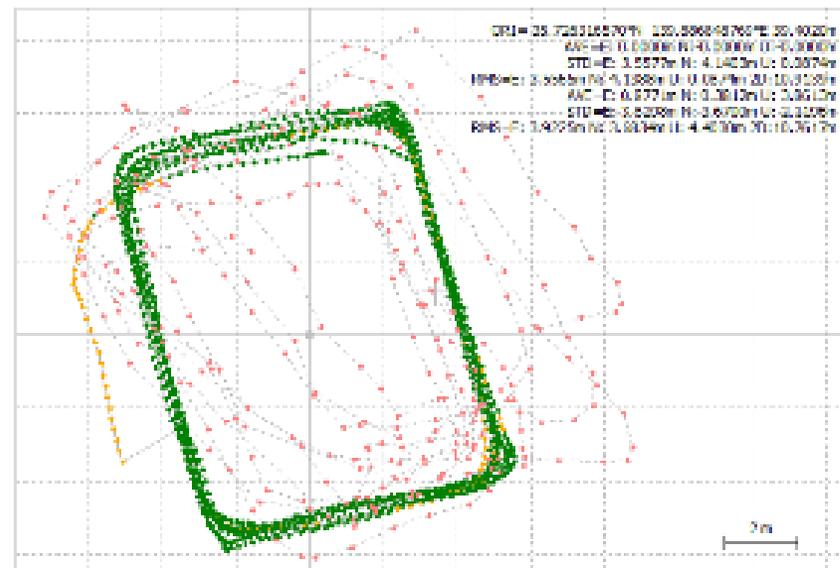
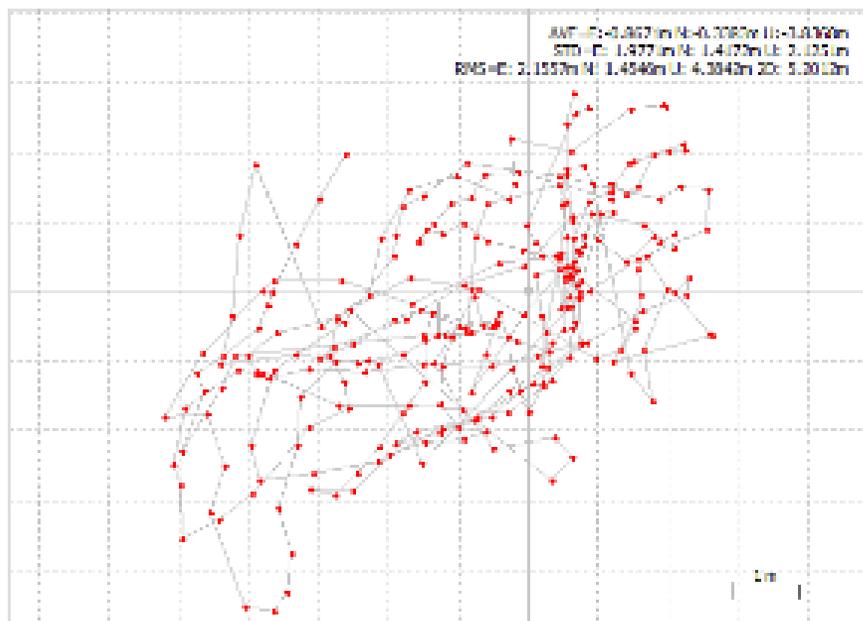
機種	HUAWAI NOH-AN00
実験場所	以下交通死亡事故現場10ヶ所
データの取り方	RTKのアンテナとスマホを並べて発泡スチロールの土台に置き、手で目線の高さまで持ち、交差点で約10周歩く（10~20分）
アプリ	RINEX on



測定場所	測定日	測定場所	測定日
江東区北砂7丁目	2021/12/09	江戸川区南小岩3丁目	2022/01/18
台東区柳橋1丁目	2021/12/09	墨田区東向島1丁目	2022/01/18
千代田区九段南1丁目	2021/12/09	杉並区宮前1丁目	2022/01/20
豊島区西池袋3丁目	2021/12/09	杉並区上高井戸1丁目	2022/01/20
江戸川区西小岩4丁目	2022/01/18	渋谷区上原2丁目	2022/01/20

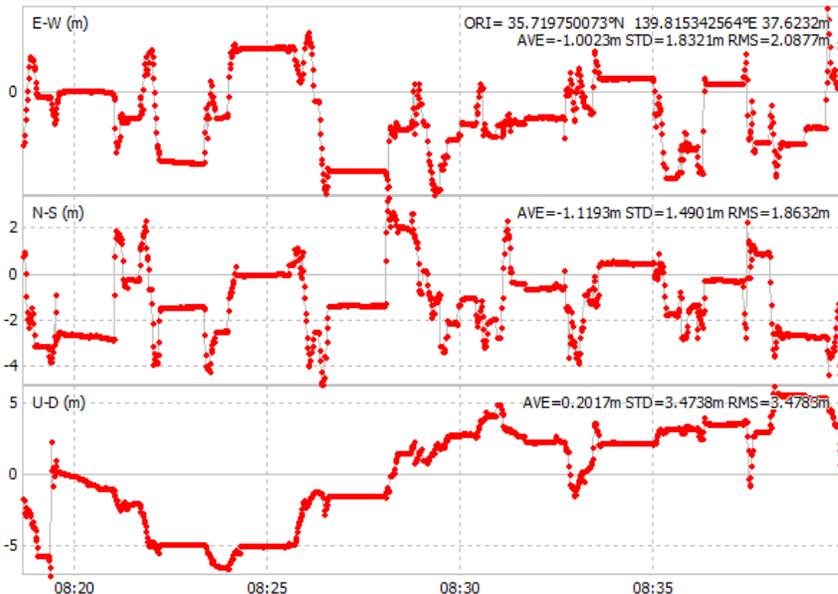
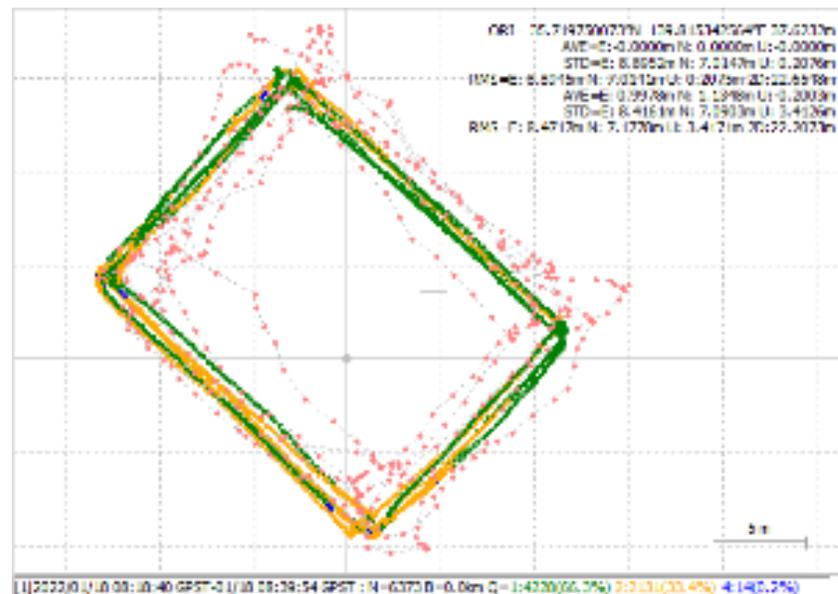
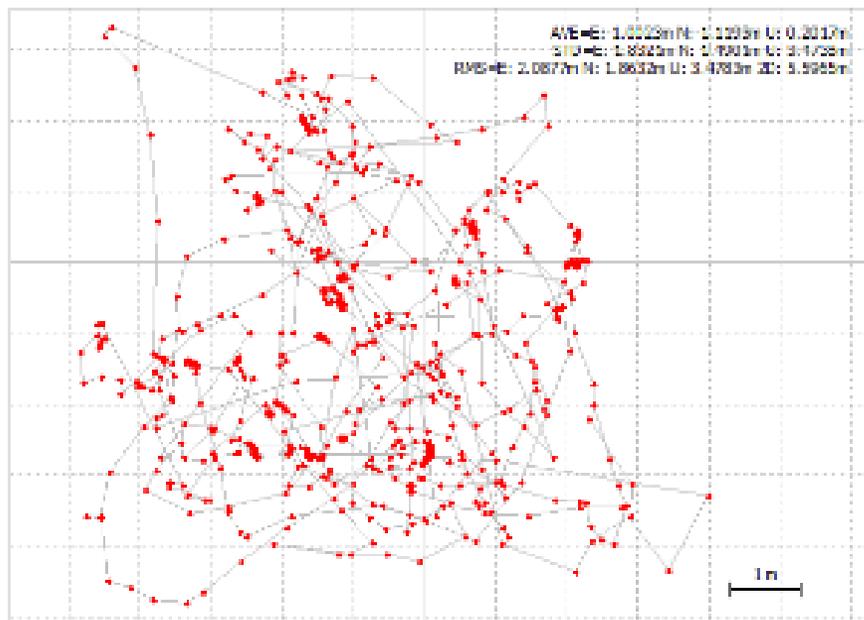
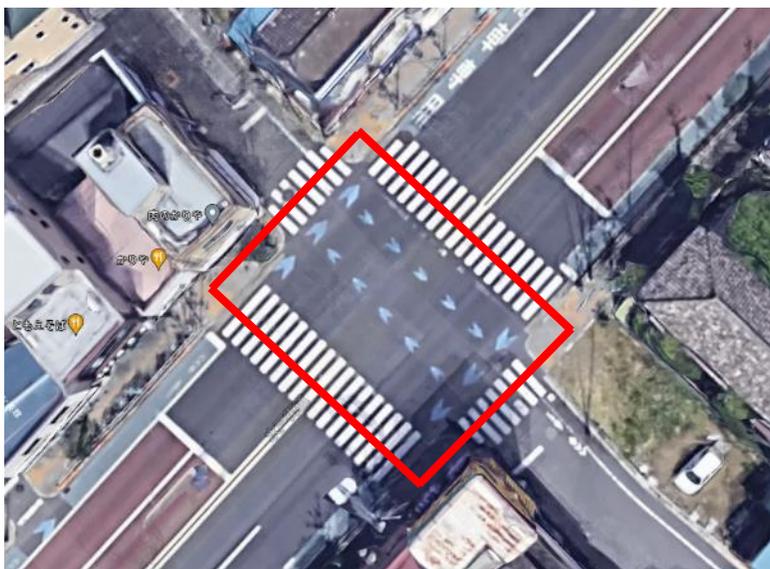
6. 死亡事故発生現場の実験

江戸川区南小岩3丁目



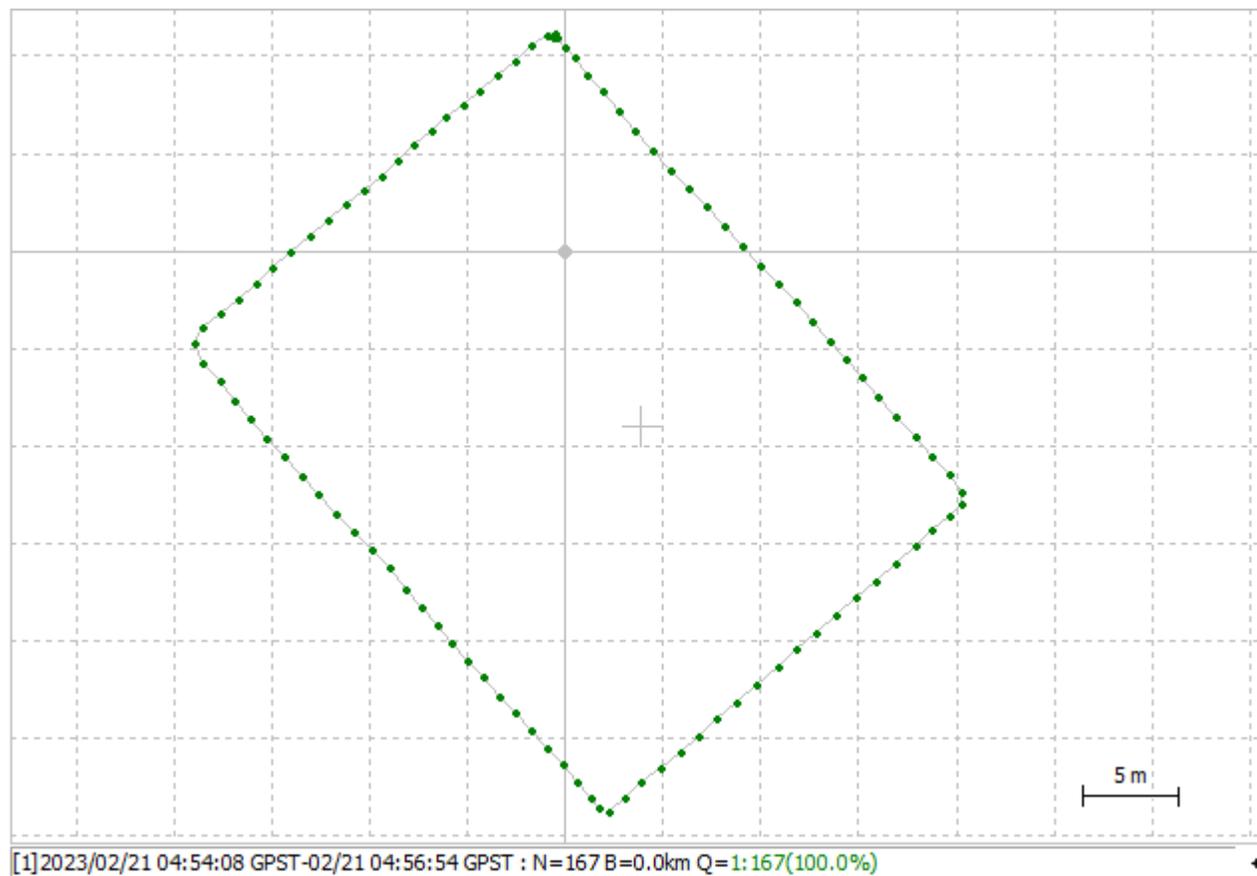
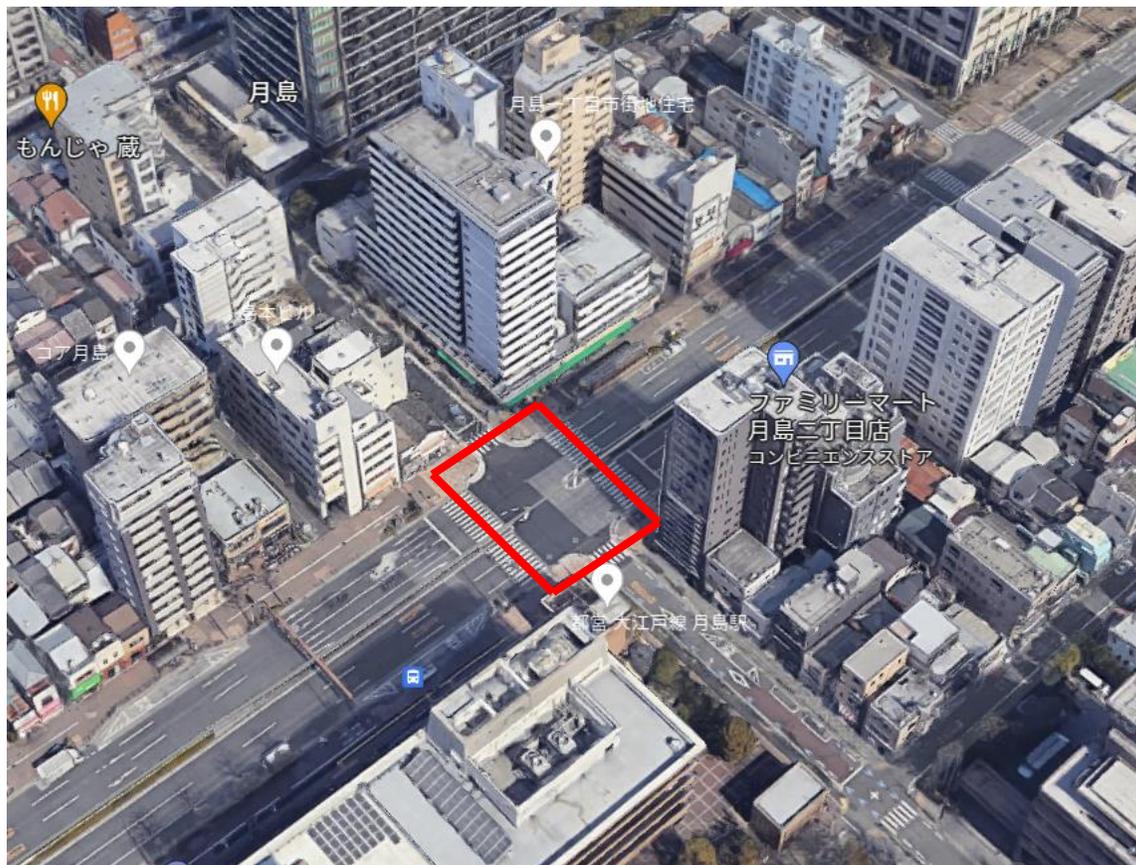
6. 死亡事故発生現場の実験

墨田区東向島1丁目

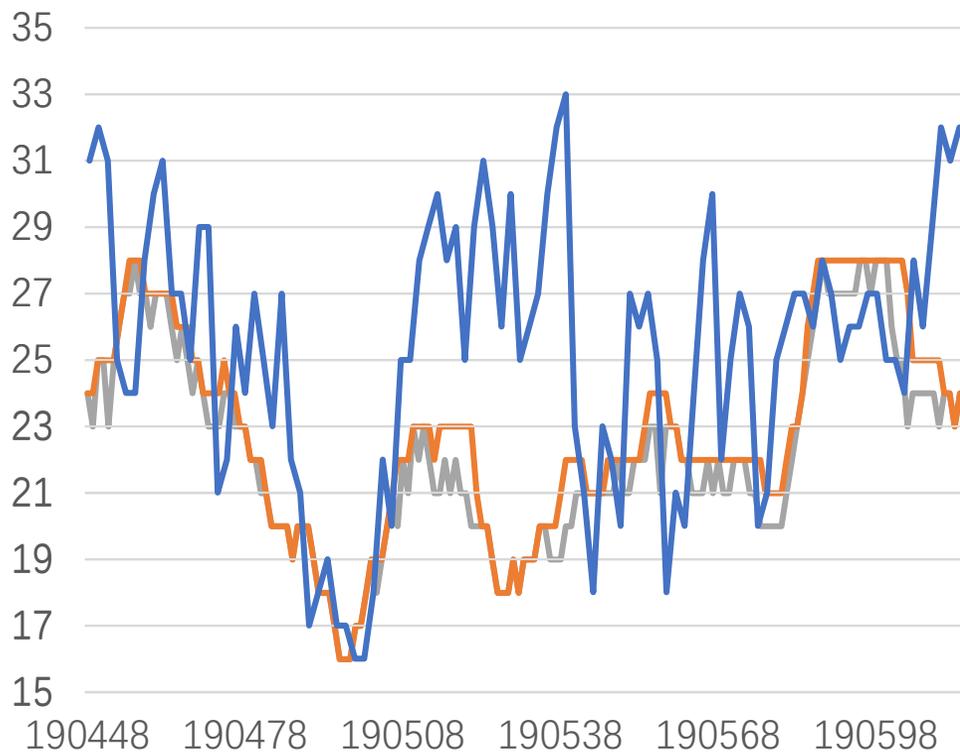


[1]2022/01/18 08:18:41 GPST-01/18 08:39:54 GPST : N=1274 B=0.0km Q= 5:1274(100.0%)

7. 指定した交差点の実験



7. 指定した交差点の実験



- LOS衛星数
- >35dB LOS衛星数
- RTK >35dB衛星数

14時

測位状況

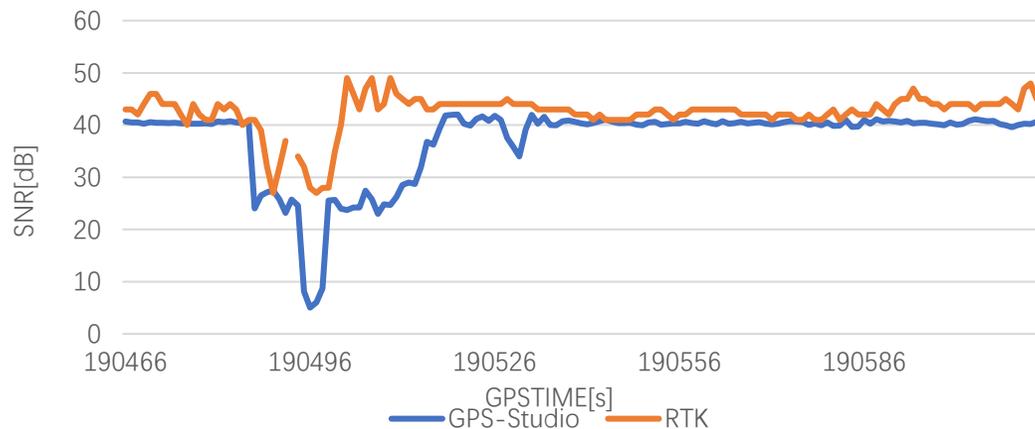


- *RTK測位状況
- 2=RTK fix 1=RTK float 0=DGPS

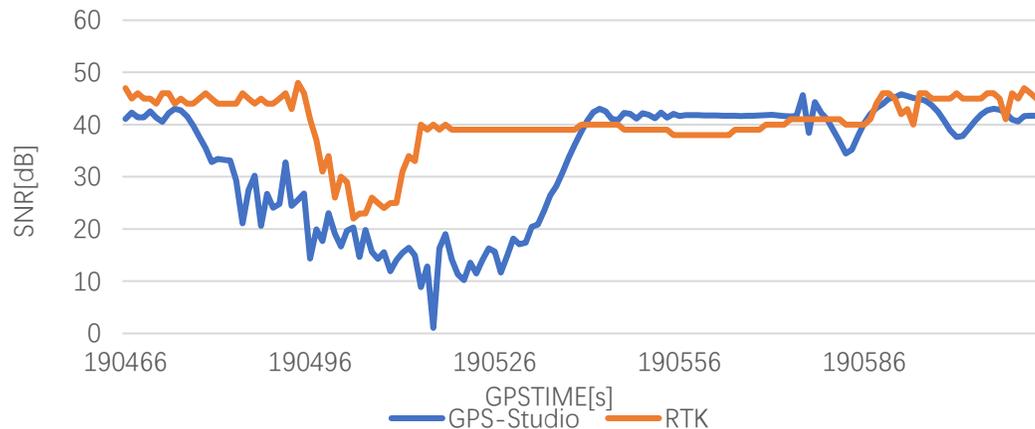
7. 指定した交差点の実験

14時

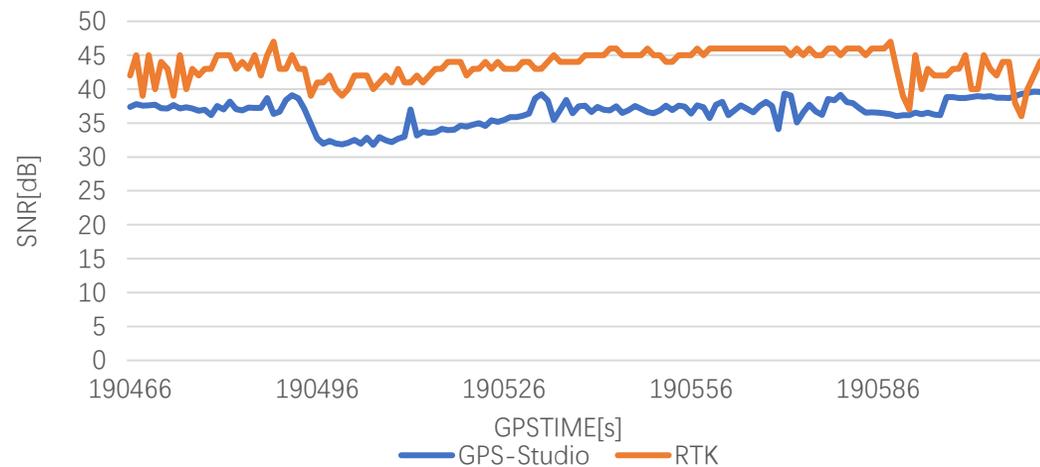
信号レベルの比較 G8



信号レベルの比較 G16



信号レベルの比較 G18



本調査での結果

- スマートフォンで、交通死亡事故のあった交差点において、水平95%で4mの精度がありました
- 他、様々な東京都内の場所で取得したデータでも、水平95%で5mの精度になりました
- これら結果より想定される応用可能性

私の意見 応用可能性

- 徘徊老人とか小学生のスマートフォンの位置を自動車と連携する
- 車のドライバーに重要な情報が伝わるか

8. まとめ