## LiDARの漏洩電波によるGNSS信号への 電波干渉についての知見

大西健広<sup>1)2)</sup>、伊田裕一<sup>1)2)</sup>、近藤徹<sup>1)2)</sup> 1) ソフトバンク株式会社 プロダクト技術本部 技術企画開発統括部 開発検証部 技術開発検証課 2) ALES株式会社 開発検証本部 研究開発部

協力: Chief Scientist室

2025/02/08

## もくじ

- 今回の知見を得るきっかけとなった事象
- ・スペアナによるLiDARの漏洩電波状況調査
- ・電波干渉に対するGNSSアンテナの耐性・影響について
- ・A社製のLiDARからの電波干渉発生時にF9Pのスペアナで 得たスペクトラム
- ・まとめ

## 今回の知見を得るきっかけとなった事象

LiDARを用いるとRTKがFixしなくなる事象は文献<sup>※)</sup>等で知られてる。 中之島ロボットチャレンジにおいて、専用端末LC01を複数のロボットに登載し、 同時に位置・速度を確認し、登載している機材の状況を調査したところ、

- RTK-FixするロボットとRTK-Fixしないロボットが存在。
- RTK-FixできないロボットのLiDARは同一機種。
   ただし、その同一機種のLiDARを用いていても
   RTK-Fixしているロボットも存在。

いうことがわかった。

LiDARとRTKの併用が可能なケースを増やすことができると思い、 この違いが発生する傾向等を掴むべくさらに調査を行った。 現時点で得ている電波干渉についての知見を報告する。

> ※目黒淳一, 竹内栄二朗, 鈴木太郎. ロボティクスにおけるGNSS失敗学. ロボット学会誌. 2019 年 37 巻 7 号 p. 585-592

### 位置情報統合可視化システムの画面(当時のもの)でのロボット位置表示



ロボット位置をリアルタイムに 表示するだけではなく、 現時点ではロボットから アップロードされた情報を 表示したりもできるように なっている。

## スペアナによるLiDARの漏洩電波状況調査

## 使用したスペアナと計測方法

#### . 日時

2024年10月25日(金)15時頃~17時頃

#### . 場所

ソフトバンク本社(竹芝) Chief Scientist室

使用したスペアナ
 KEYSIGHT社 EXA シグナル・アナライザ N9010B

#### . 計測方法

スペアナのアンテナを写真のように 20cm離れた場所に固定し、 ワンショットで表示された波形を 画像として記録した



# L1

## L1

Swept SA	nout: RF	+ Input 7: 50 0	Atten: 6 dB	PNO Fast	Ava Type: Log-Pow	8 122456	Trace	· * #
	oupling: DC lign: Auto	Corr CCorr Freq Ref: Int (S)	Preamp: Off	Gate: Off IF Gain: Auto Sig Track: Off	Trig: Free Run	W WW WW W N N N N N N	Trace 1	,
1 Spectrum	•				Mkr1 1	575 42 GHz	Trace Type Clear / Write	Trace Control
Log			Ref Level -40.00	abm	-	116.20 UBIII	Trace Average	Detector
							Max Hold	Math
60.0							Min Hold	Trace Function
							Clear and Write	Normalize
							View/Blank	1
							<ul> <li>Active</li> </ul>	
				al II.			View	
-120	-	a la contrata da contrata d	الديباللاتين		his of the second second	Land Landstoor	Blank	
-130	ويقادونك والعراج	والمتعادية والمتعادية	والمراجع المراجع والمراجع	ور والمقاطرة والعراج الأراض	and the state of the second second	Arte Mada at 1 de 14 july 14	Background	
Center 1.57542 0 #Res BW 100 Hz	GHz		#Video BW 10	) Hz	Sweep (FFT) ~	Span 20.00 MHz 6.43 s (1001 pts)	Table	
<b>1</b> 50		Oct 25, 2024 4:57:16 PM						

LIDAR OFF





A社製



C社製

# L2

## L2

Swept SA	+	Atten: 6 dB	PNO: Fast	Ava Type: Log-Paw	er 122456	Trace	· *
Coupling: DC Align: Auto	Corr CCorr Freq Ref: Int (S)	Preamp: Off	Gate: Off IF Gain: Auto Sig Track: Off	Trig: Free Run	W WW WW W N N N N N N	Trace 1	
1 Spectrum v		Ref Louis 40.0	0 dBm	Mkr1 1	.200 00 GHz	Trace Type Clear / Write	Trace Control
		Kei Levei -40.0			dDii	Trace Average	Detector
-50.0						Max Hold	Trace
-70.0						Min Hold	Function
-80.0 1						Clear and Write	Normalize
-90.0						Active	
-100						View	
-120						Blank	
-130		i la		and the interstants should be		Background	
Center 1.22760 GHz #Res BW 100 Hz		#Video BW 1	0 Hz	Sweep (FFT) ~	Span 20.00 MHz 6.43 s (1001 pts)	Trace Settings Table	
	<b>Oct 25, 2024</b>						

#### LIDAR OFF





A社製



# L5

## L5

Spectrum Analy	vzer 1	L					Fraguan	
Swept SA KEYSIGHT	Input: RF Coupling: DC Align: Auto	Input Ζ: 50 Ω Corr CCorr Freq Ref: Int (S)	Atten: 6 dB Preamp: Off	PNO: Fast Gate: Off IF Gain: Auto Sig Track: Off	Avg Type: Log-Power Trig: Free Run	123456 W <del>WWWW</del> W	Center Frequency 1.176450000 GHz	Settings
1 Spectrum Scale/Div 10 d	T B		Ref Level -40.0	0 dBm	Mkr1 1.5	75 42 GHz dBm	20.0000000 MHz	
-50.0							Full Span	
-70.0							1.166450000 GHz Stop Freq	
-90.0							AUTO TUNE	
-100						1	CF Step 2.000000 MHz Auto	
-120 -130							Man Freq Offset 0 Hz	
Center 1.17645 #Res BW 100	5 GHz Hz	nini yani jiyi ili ili da da	#Video BW 1	in Hz	Specific Spe	an 20.00 MHz 3 s (1001 pts)	X Axis Scale Log Lin	
<b>1</b> 5		Oct 25, 2024 4:58:36 PM					Signal Track	1

#### LIDAR OFF





A社製



C社製

## まとめ

- A社製、B社製、C社製のLiDARを動作させた際の
  - L1、L2、L5の中心周波数付近の電波干渉具合をスペアナで観測した。
- A社製、C社製のLiDARの電源を入れると、特にL2、L5の周波数付近での漏れ電波が多く ノイズ源に成り得ることがわかった。
- 今回比較したLiDARでは、B社製の漏れ電波が電源OFF時との差が分からない程度に 小さく、GNSSと併用の際にノイズを気にしなくて良いことがわかった。

## 電波干渉に対する GNSSアンテナの耐性・影響について

## 調査方法

- ・ 屋外でLiDAR(A社製)のヘッド部から真横に20cmの場所にGNSSアンテナを 設置し、衛星信号を受信する。アンテナはヘリカルアンテナ2種 (AN-306、TOP107)、ublox標準のパッチアンテナの計3種類。
- LiDARをONにしたとき、OFFにしたとき、
   それぞれ10秒以上データを取得する
- · 得られたNMEAのGSVセンテンスから、特定の衛星のL1信号、 L2信号のCN値の平均値を求め、干渉の影響等を評価する





調査の様子



単位:dB/Hz

	AN-	306	TOP	°107	u-blox標準 (AMO)		
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	
LiDAR OFF	47.5	46.9	48.0	45.2	46.4	45.7	
LiDAR ON	46.1	42.0	47.9	40.0	42.0	33.0	
LiDAR OFF-ON	1.4	4.9	0.1	5.2	4.4	12.7	

AN-306・TOP107ともヘリカルアンテナは、 ublox標準アンテナに比べ、LiDARの電波干渉の影響を受けにくい

## A社製のLiDARからの電波干渉発生時に F9Pのスペアナで得たスペクトラム (アンテナはubloxパッチアンテナ(AMO社製)) (他のアンテナについての結果も同傾向で省略)

## F9Pのスペアナ機能の使い方

### アプリのDL→COMポートの確認→F9PとPCの接続

1) アプリのDL u-bloxのサイトから [ u-centerをダウンロードし、 WindowsPCへインストール。 https://www.u-blox.com/en/ product/u-center ★u-center-2ではない事に注意!

なお、古いVerのu-centerや F9Pでは、スペクトラムを 表示できない場合があり、 その場合は、最新Verに アップデートする必要がある。

※ コンピューターの管理画面は、
 下記の手順で表示可能
 i. Winキー + Xキーを同時に押下
 ii. 表示されたメニューから
 「コンピュータの管理」をクリック

2) COMポートの確認

F9PをPCへ接続、コンピューターの管理画面\*から
 F9PのCOMポートの割り当てを調べる。
 ・下図の場合、COM5、COM6及びCOM7が割当。

この場合、USBシリアルデバイス(COM7)を使用。

🌆 コンピューターの管理 X ファイル(E) 操作(A) 表示(V) ヘルプ(H) 🗢 🄿 🙍 📅 🚺 🖬 ■ コンピューターの管理 (ローカル) DESKTOP-4R5PAQT 操作 ・ 前 システム ツール > 🚯 Bluetooth デバイス マネージャー > 🚇 タスク スケジューラ Jungo Connectivity 他の操作 > 🚼 イベント ビューアー > SD ホスト アダプター > 🏮 USB コネクタ マネージャー > ᇌ 共有フォルダー > 🔊 パフォーマンス > 🗃 オーディオの入力および出力 📇 デバイス マネージャー > 💿 カメラ < </li>

 > 🔤 キーボード > 💻 コンピューター 📅 ディスクの管理 🛼 サービスとアプリケーション > 🕠 サウンド、ビデオ、およびゲーム コントローラー > 🎦 システム デバイス > 📲 セキュリティ デバイス > 🔚 センサー ソフトウェア コンポーネント > 📱 ソフトウェア デバイス > 👝 ディスク ドライブ > 🔜 ディスプレイ アダプター > 💭 ネットワーク アダプター > 凄 バッテリ > 🚜 ヒューマン インターフェイス デバイス > 🎽 ファームウェア > 🔲 プロセッサ ポート (COM と LPT) C099 application board, ODIN-W2 (COM6) C099 application board, ZED-F9P (COM5) 💭 USB シリアル デバイス (COM7) ほかのデバイス 👖 マウフレスのほかのポインティンガ デバイフ

3) F9Pの接続 u-centerを起動し、 F9Pのポートへ接続。 (下図の場合はCOM7)

Pu-center 22.02									
<u>F</u> ile	<u>E</u> dit	View	<u>P</u> layer	<u>R</u> eceive	er <u>T</u> ools	Wind	ow		
		€ -	5 Q.	X 🗈	R   8	1			
: ▲	•		- 🕨	.⊪	⊮ 上		_		
1	1	2	Ξ Σ		፳ -	-			
00	<b>•</b> സ	$\bullet   $ :	く  美	, <b>t</b> , †	lt l				
•	Disc	onnect			C	trl-0			
1 - I	CON	15			C	trl-5			
	CON	//6			C	trl-6			
	CON	/17	$\square$		C	trl-7			
	Net	work co	nnection			>			
	Loca	ation Al	р						
	Sens	or API				>			
	Univ	versal G	nss Drive	r (Win 10	0)				

### スペクトラムの出力設定

4) A か 4) B のいずれかの方法でスペクトラムの出力設定を行う。

4) A Messages Viewからの設定方法
 View→Messages Viewで、Messages画面を表示。
 UBX→MON→SPANの順に選択。
 SPANで右クリックし、Enable Messageを押下。



4) B Configuration Viewからの設定方法
 View→Configuration Viewで、
 Configuration Viewを表示し、MSGを選択。
 Messageをスクロールし、MON-SPANを選択。
 USBのOnをチェックし、Sendを押下。



### スペクトラムの表示

5) スペクトラムの表示

View→Messages Viewで、Messages画面を表示。UBX→MON→SPANの順に選択、スペクトラムの画面を表示。 スペクトラムでは L1、L2 or L5帯域を表示。(受信機により表示の帯域が異なり、下記ではL1とL2を表示。)





AVERAGE画面



・スペクトラム表示には下記の機能がある。
1) VIEW/HOLD機能
スペクトラムの固定表示
2) AVERAGE機能
スペクトラムのアベレージング表示
3) MAX HOLD機能
ピーク値の表示



## 以下、F9Pのスペアナで得たスペクトラム

## アンテナはLiDARのヘッド部の真上、LiDARはOFF



## アンテナはLiDARのヘッド部の真上、LiDARはON



### アンテナはLiDARのヘッド部の真横20cm、 LiDARはON



### アンテナはLiDARのヘッド部の真横40cm、 LiDARはON



### アンテナはLiDARのヘッド部の真横60cm、 LiDARはON



### アンテナはLiDARのヘッド部の上20cm、 LiDARはON



GNSSアンテナは、LiDARのヘッド部と高さを変えて設置すべき

## 解決している例

## アンテナを変更、かつ離隔を取って 解決している例

### アンテナを変更、かつ離隔を取って解決している例 ~Chief Scientist室のロボット「PANDA」の場合~



- LiDAR(底面)からGNSSアンテナ(底面)までの高さ
   286 mm
- LiADRの中心からGNSSアンテナの中心まで距離 325.5 mm

※GNSSアンテナは、Beitian BT-560

### ichimillによるRTK(Ntrip利用)により、 位置と方位を取得できている。

### F9Pのスペアナ機能で得たスペクトラム



## まとめ

- LiDARからGNSSへの電波干渉の影響が大きいことと、機器により電波干渉の度合いが 異なることを確認するため、簡易測定を行った。定量的な測定にはしっかりした測定環 境と測定システムを構築して測定する必要がある。
- 本編では述べてはいないが、LiDARのヘッド部にGNSSアンテナを近づけた場合にスペア ナのスペクトラム波形が乱れることから、干渉源はヘッド部と断定、調査を行った。
- 主にL2帯に干渉が乗ることがわかった。多周波受信機では不利となる。
- GNSSアンテナをLiDARのヘッド部と同じ高さに設置した場合とヘッド部の真上に置いた場合とでは、同じ距離においても前者の方が干渉を受けやすい傾向にあった。
   →LiDARのヘッド部とGNSSアンテナの高さを変えなるべく距離を取ると良い
- u-blox社のデフォルトアンテナに比べると、ヘリカルアンテナのTOP107、AN-306は LiDARの電波干渉を受けにくい傾向にあった。今回の結果では、特にL2帯の干渉が低減 される傾向にある。
   →電波干渉が想定されるケースでは、ヘリカルアンテナを使用すべき
- GNSS受信機によっては、スペアナ機能が使用できる場合もあり、問題の切り分け等に 利用することが可能。