

LoRaを使用したRTK測位IoTシステムの試作

小林海斗

2021/11/10

第65回宇宙科学技術連合講演会 OS-29

1. 背景

- ◆RTKを利用したアプリケーション需要が増加している(トラクター、UAV、建築機械、鉱山ダンプトラック、除雪車)。
- ◆RTKに必要な基準局、移動体用受信機、アンテナが低コスト化し、初期投資が20万円程度の初期投資でローカルRTKネットワークを構築可能になった。
- ◆携帯回線を使用したRTKサービスや衛星経由のPPPも普及し始めている。
- ◆しかし、海外ではこれらが使用できないフィールドも存在する。(大規模プランテーション、鉱山、ダム建設)



1. 背景

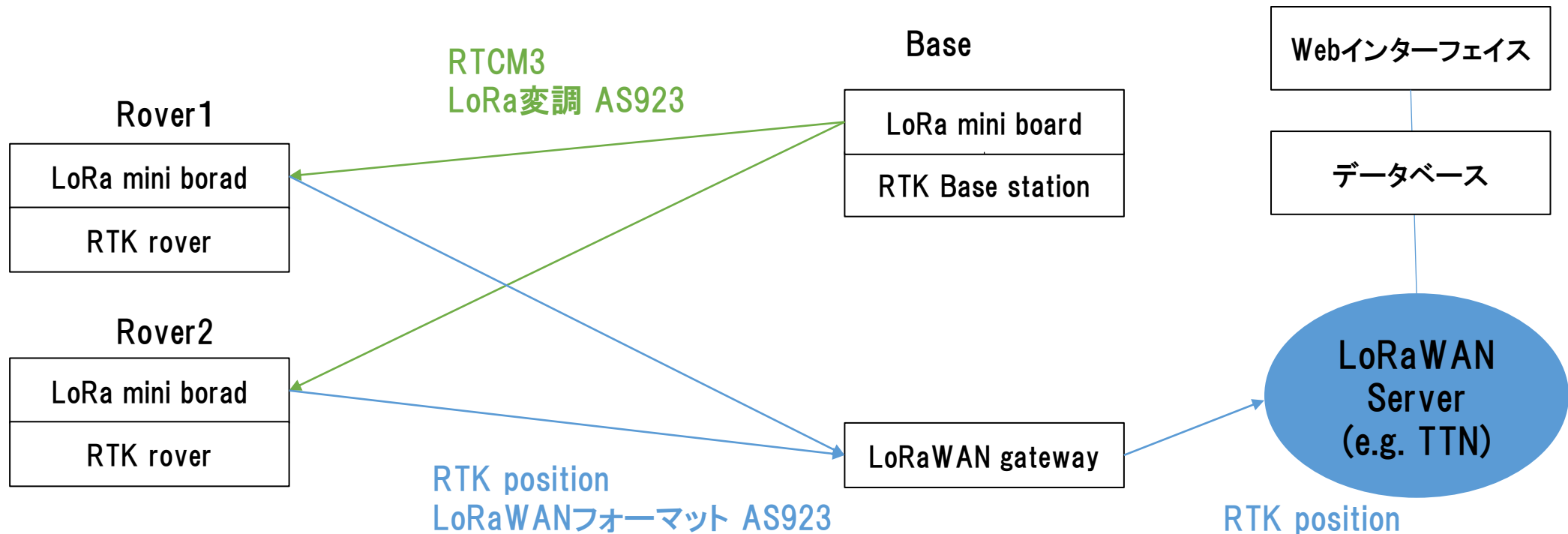
- ◆そのため携帯回線RTK、衛星経由PPPが使用できない地域では無線による補正情報の放送使用されている。
- ◆既存製品でRTKに使用されているものは
 - ・FreeWave (swift) : 915MHz, 1Wで97km
 - ・FreeWave (swift) : 2.4GHz, 500mWで32km
 - ・Xbee SX900 (Ardusimple) : 902-928MHz, 20mWで14.5km
 - ・OcuSync (DJI) : 2.4GHz, 100mWで2kmなどがある。
- ◆しかし無線は各国電波法で利用可能な製品に限られる。
(日本の電波法の免許不要の特定省電力無線では916-928MHzの20mW以下がもっとも緩い)
- ◆そのため国際的な免許不要の無線規格であるLoRa Allianceの規格を用いたRTK補正情報の送信を試みた。



*<https://store.swiftnav.com/products/freewave-radio-pack>

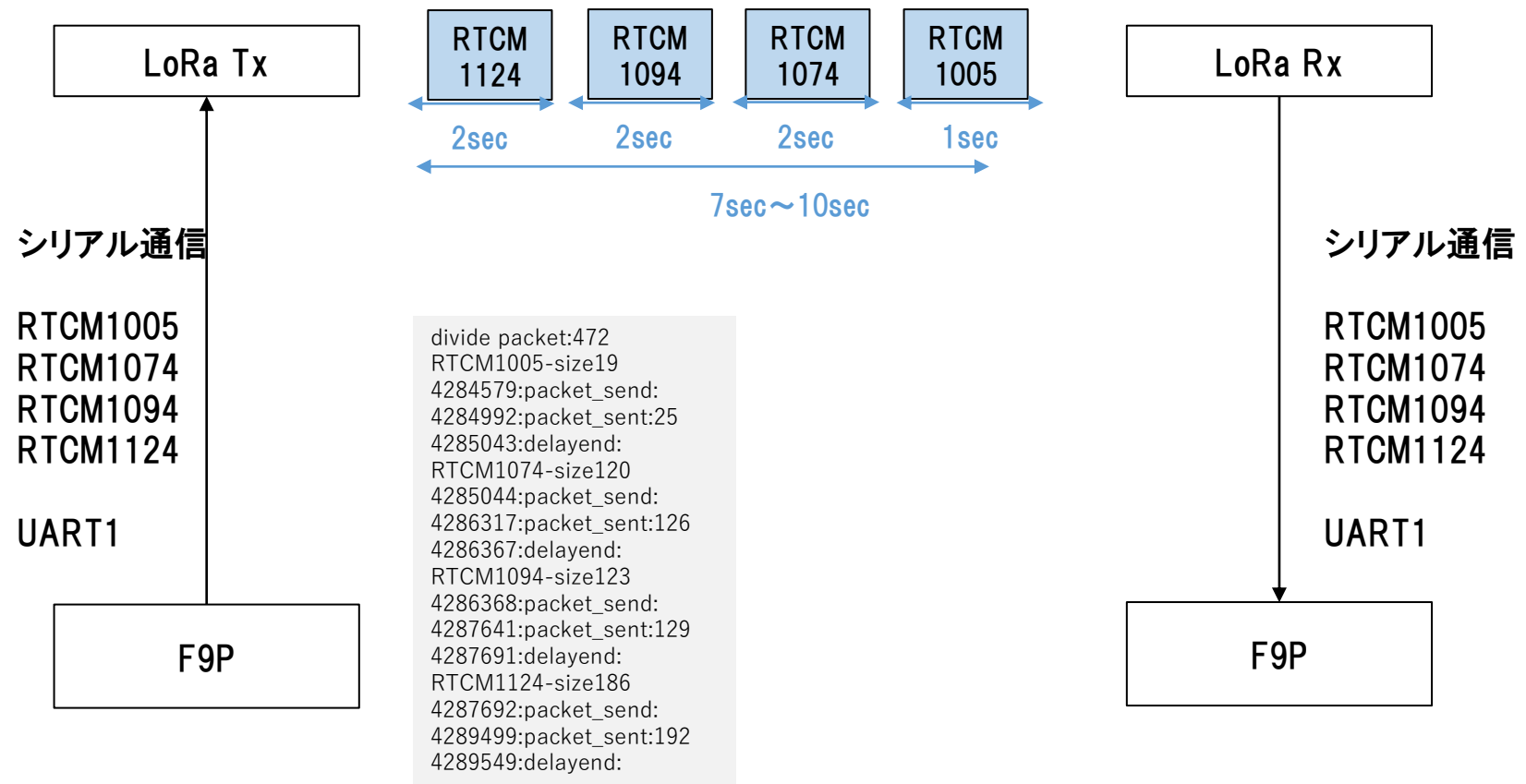
2. 目的

- ◆ LoRa Allianceで規格化されているLoRa変調方式(AS923)で補正情報の送信をおこなう。
- ◆ 海上環境での補正情報の到達範囲を検証する。
- ◆ 移動局でのRTK結果をLoRaWANフォーマットで返すことでインターネット経由でリアルタイムにモニタリングできるIoT環境を作成する。



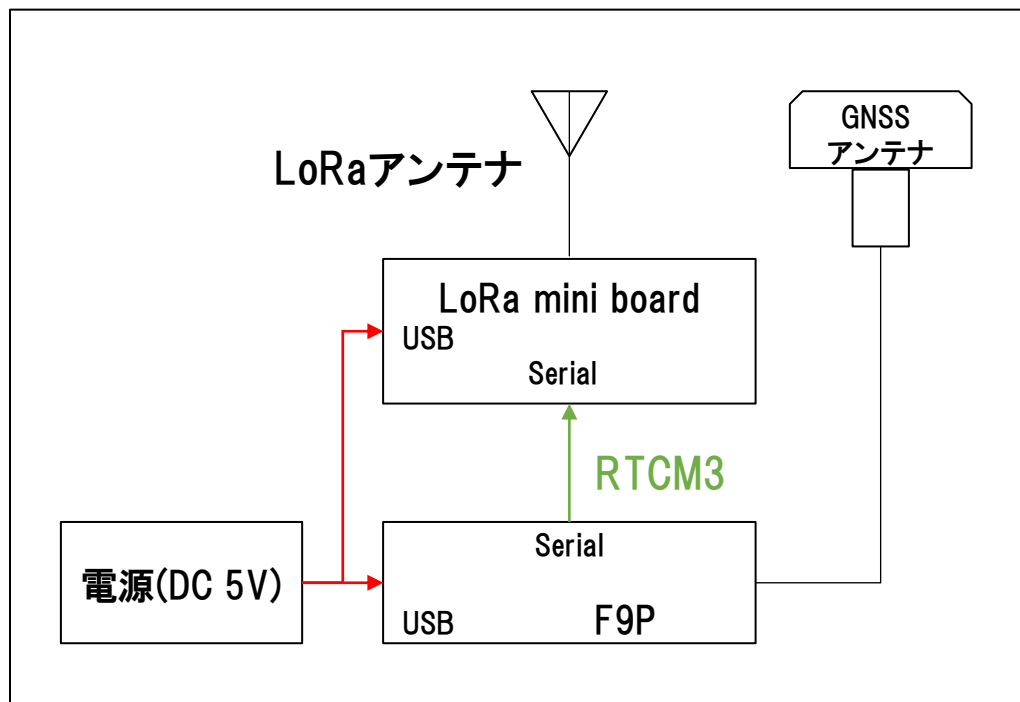
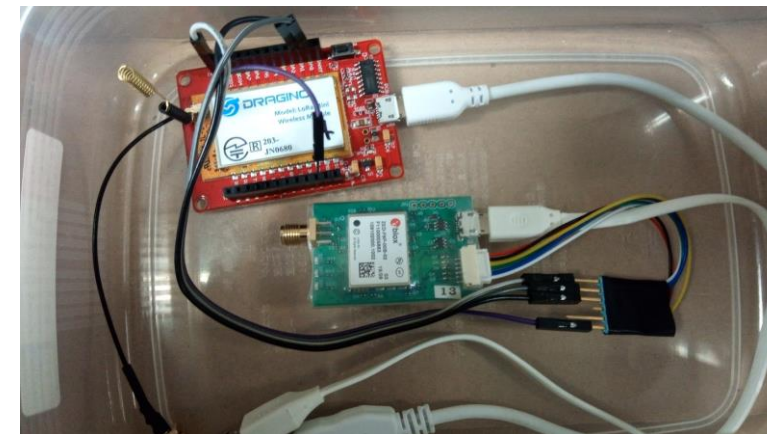
3. 補正情報放送局

- ◆補正情報はRTCMフォーマットで基準局座標(1005)とMSM4(GPS, Galileo, BDS)を使用。
- ◆RTCMの送信間隔は10秒間隔。
- ◆RTCMメッセージごとにパケットに分けて送信することでLoRa変調のパケットサイズ上限以下にした。
- ◆すべてのRTCMメッセージが送信完了するまで約7秒。



3. 補正情報放送局

- ◆LoRaモジュールはDragino社のLoRa miniボードを使用。
- ◆Arduino言語でRTCM3のパケット分割とLoRa送信のソースコードを書き込む。
- ◆LoRa変調は日本利用に割り当てられている923MHz帯(AS923)でSpread Factorは10とした。



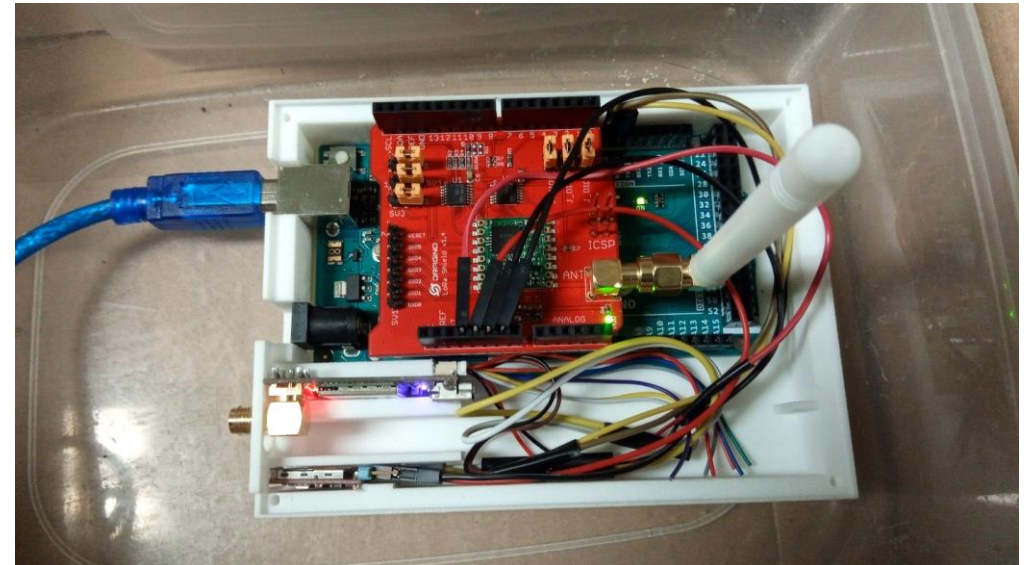
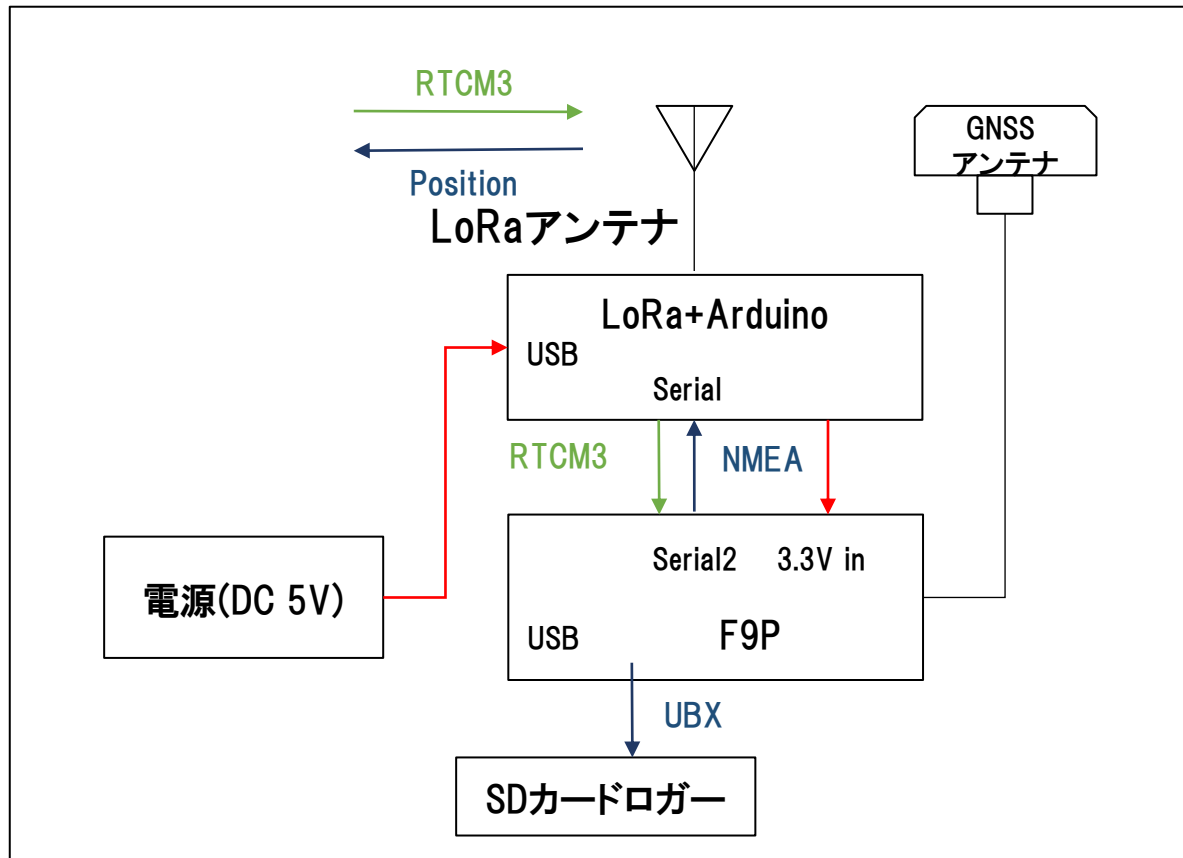
DataRate	Configuration	Indicative physical bit rate [bit/s]
0	LoRa: SF12 / 125 kHz	250
1	LoRa: SF11 / 125 kHz	440
2	LoRa: SF10 / 125 kHz	980
3	LoRa: SF9 / 125 kHz	1760
4	LoRa: SF8 / 125 kHz	3125
5	LoRa: SF7 / 125 kHz	5470
6	LoRa: SF7 / 250 kHz	11000
7	FSK: 50 kbps	50000
8..14	RFU	
15	Defined in LoRaWAN ¹	

Table 61: AS923 Data rate table

長距離、低速

4. 移動局およびモニタリングサーバー

- ◆ LoRaモジュールとしてDragino社のSX127x ShieldとArduino MEGAを使用。
- ◆ Arduino上でRTCM3の受信を行いそれをF9Pのシリアルに転送。F9PからのNMEAフォーマット位置情報を10秒間隔でLoRaで送信。

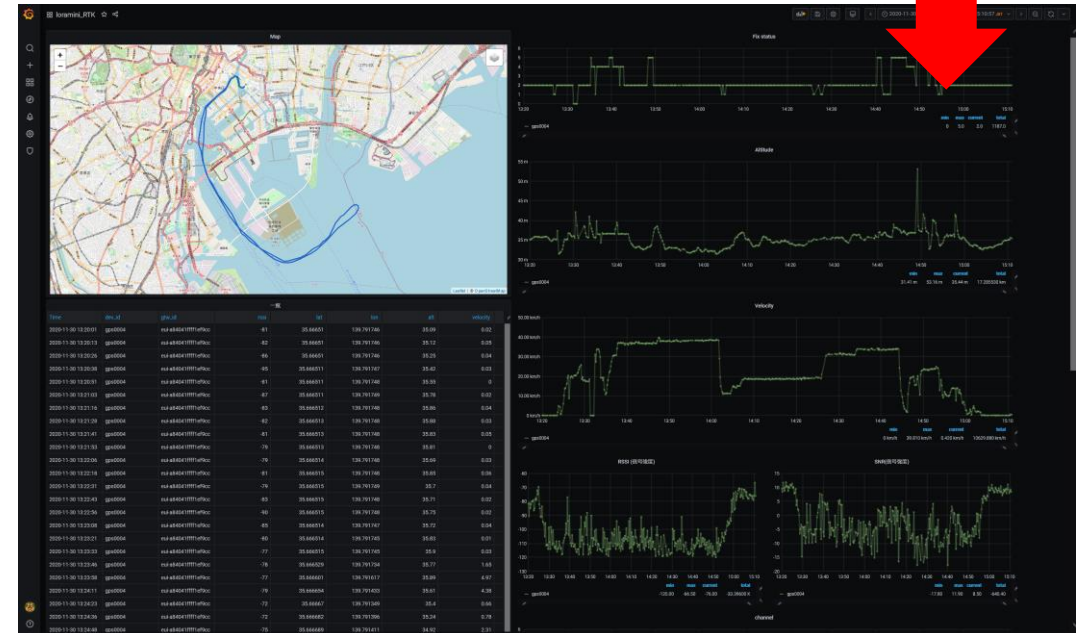


4. 移動局およびモニタリングサーバー

- ◆リアルタイムに移動局をモニタリングできる環境を作成した。
- ◆LoRaWANフォーマットで送信された移動局の位置情報は市販のLoRaWANゲートウェイで受信される。
- ◆LoRaネットワークサーバー(今回はTTNを使用)を経由してアプリケーションサーバーへ位置情報が送られる。
- ◆アプリケーション・サーバーで位置情報のデコード、データベース格納、Web表示を行う。

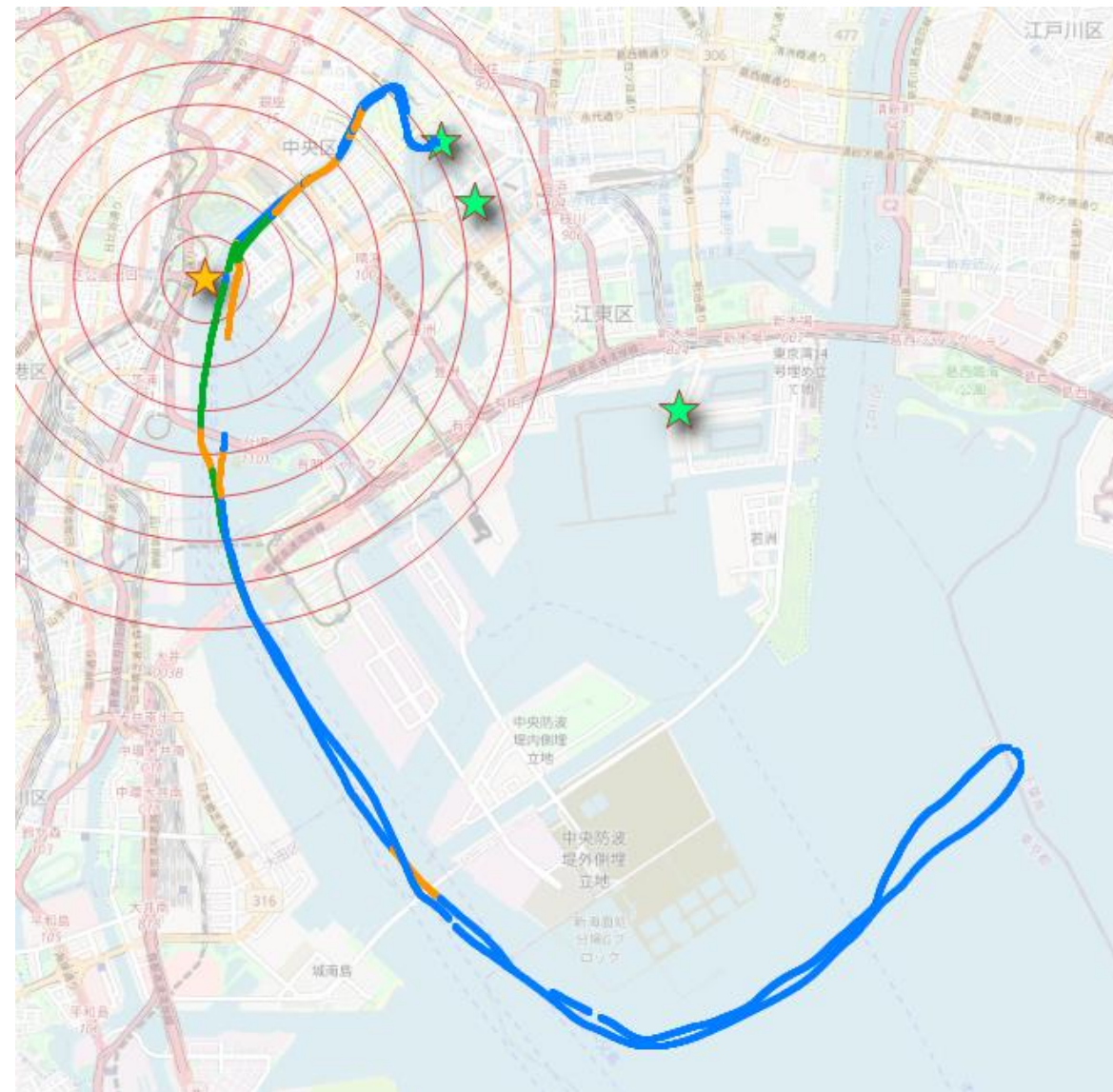


アプリケーションサーバー



5. 実験

- ◆船舶に移動局デバイスを搭載し、モニタリングの性能評価を実施した。
- ◆船上のF9PへRTK補正情報をLoRaで送信可能な距離の測定およびRTKアベイラビリティの評価を行った。
- ◆海洋大～浦安沖のコースを航行。
- ◆2020/11/30実施。



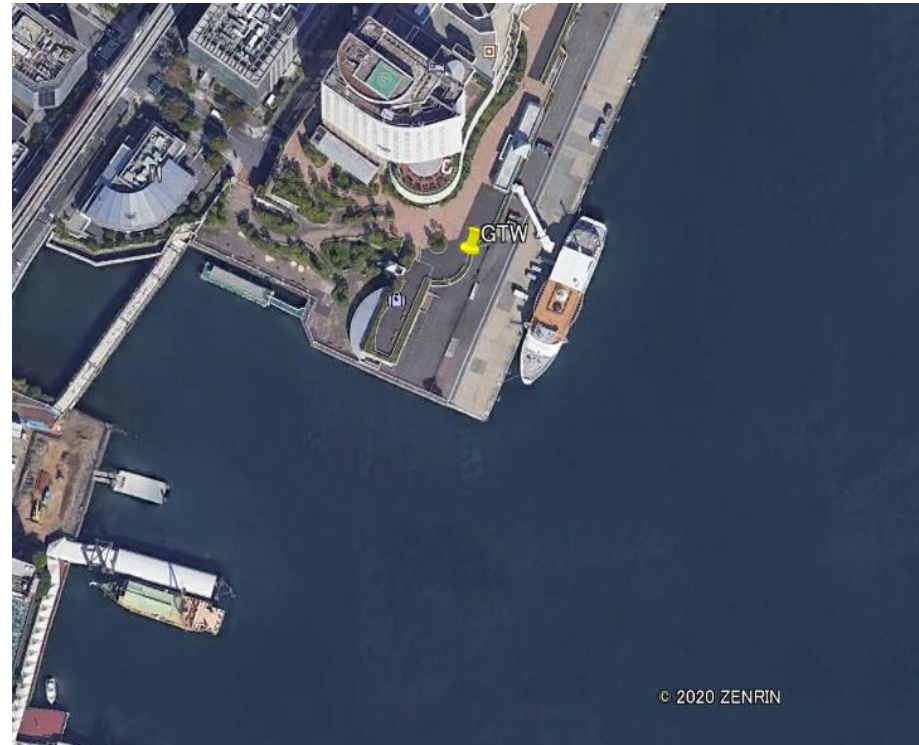
5. 実験

◆RTK基準局＋補正情報放送局

航路が見通し内に入る竹芝埠頭に補正情報放送局を設置した。

補正情報はGPS+Galileo+BDSの2周波。

LoRaはAS923, 1ch, SF10, BW125kHz。

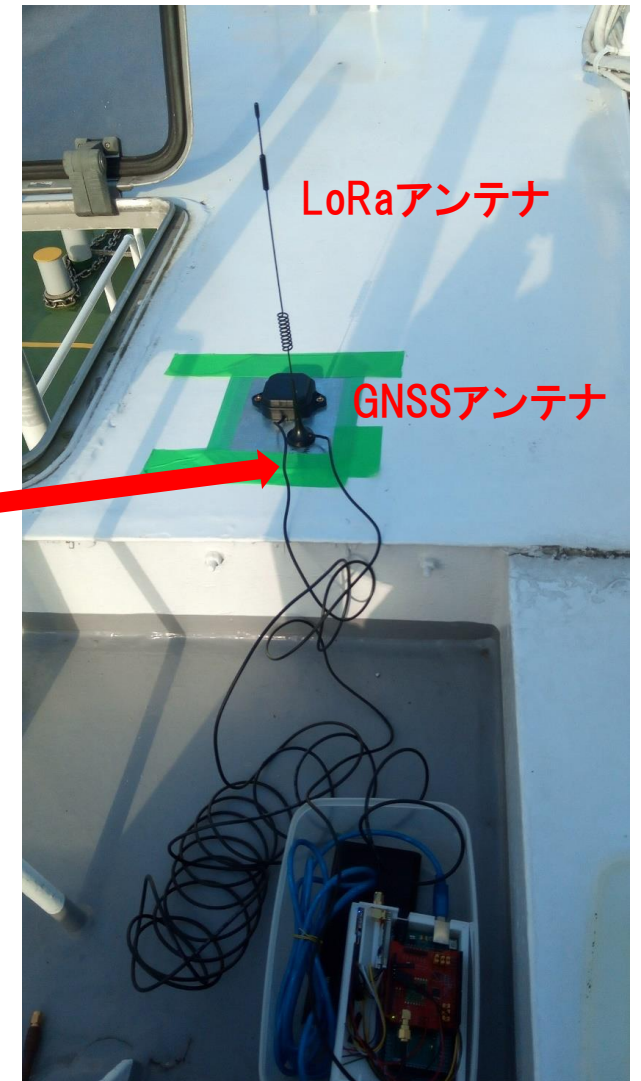
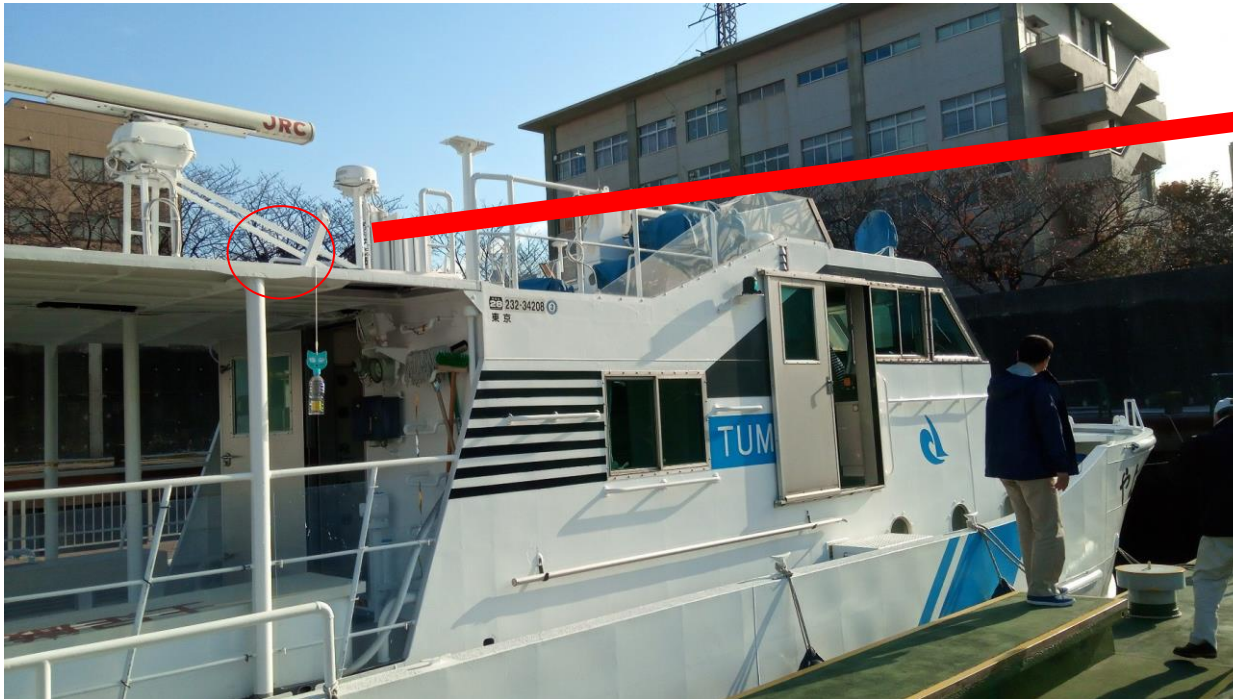


5. 実験

◆ 移動局

実験船やよいに設置。

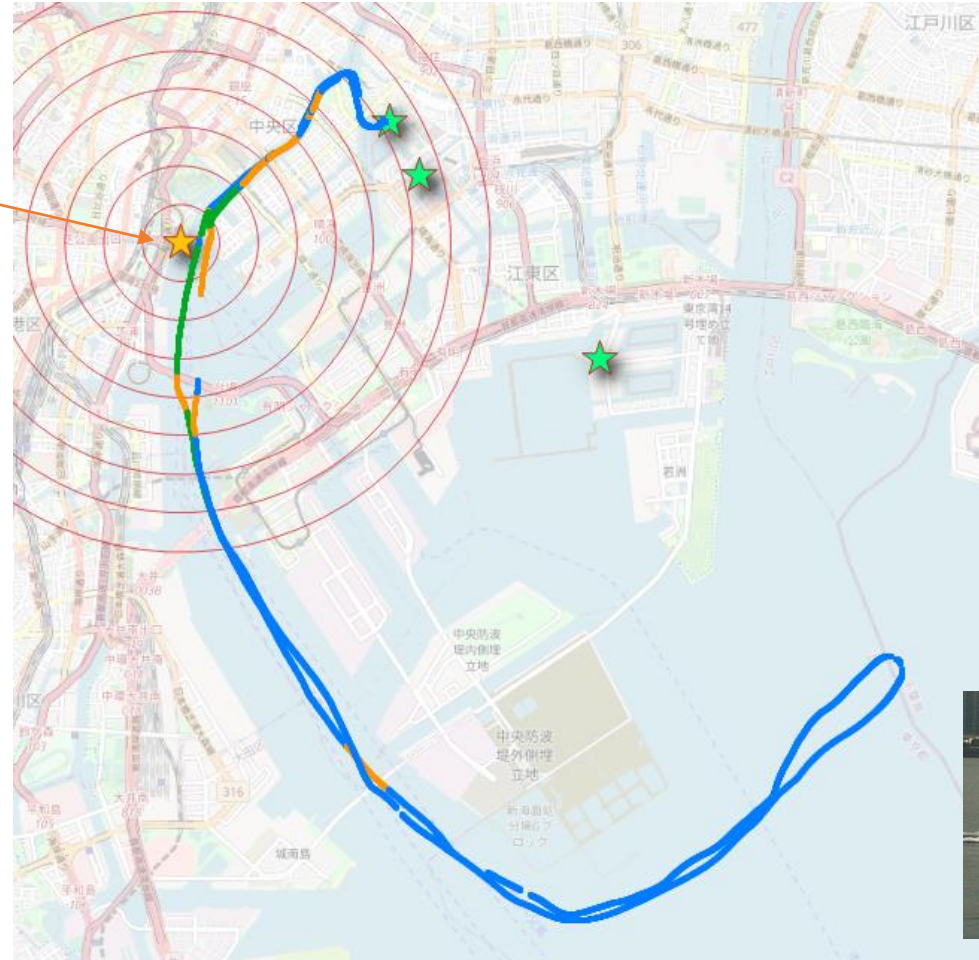
RTK補正情報をLoRaで受信後、F9PからのNMEAから位置情報を10秒間隔でLoRaWANで送信。



5. 実験



配置図



- ★ RTK基準局+補正情報放送局
- ★ LoRaWANゲートウェイ
- GNSS+LoRaキット(やよい)

*今回オープンなLoRaWANサーバーであるTTNを使用したため、LoRaWANゲートウェイは海洋大設置のもの以外にもパブリックなものを利用可能だった。



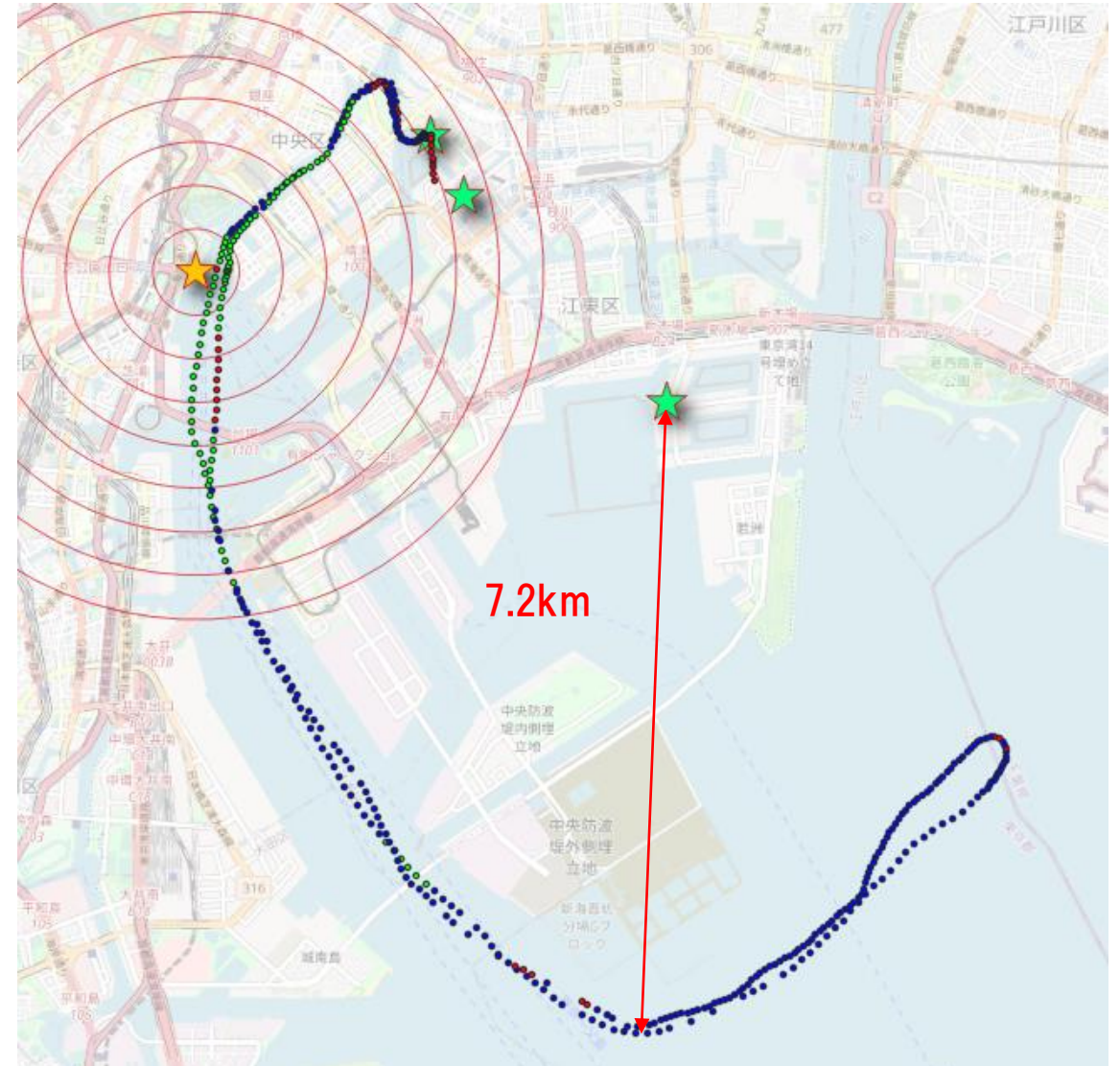
6. 実験結果

◆測位結果モニタリング

江東区の3つのゲートウェイによるLoRaWANネットワークを使用してほぼ全ての航路上でやよいのGNSS情報をトラッキングできた。

最もゲートウェイとやよいの距離が離れていた距離は7.2kmだった。

測位結果の1パケットは25byte。



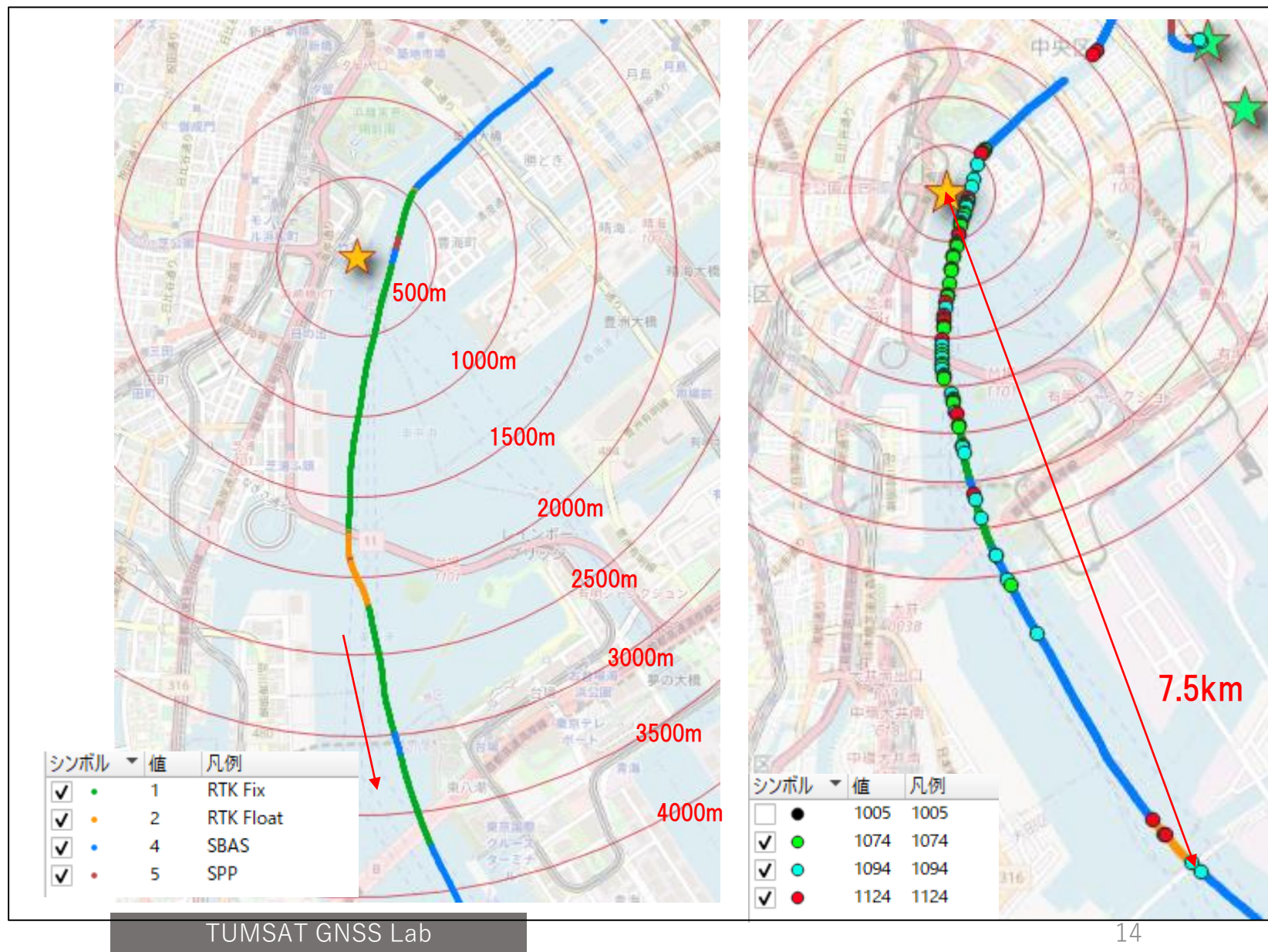
6. 実験結果

◆補正情報受信 往路

UBX-RAWX-RTCMメッセージ
(RTCM入力情報)を保存し、
地図上にプロットした。

最後にRTK補正情報が受信で
きた地点は基準局から7.5km
の位置だった。

基準局から最大3.8km地点ま
でRTK Fixが得られた。



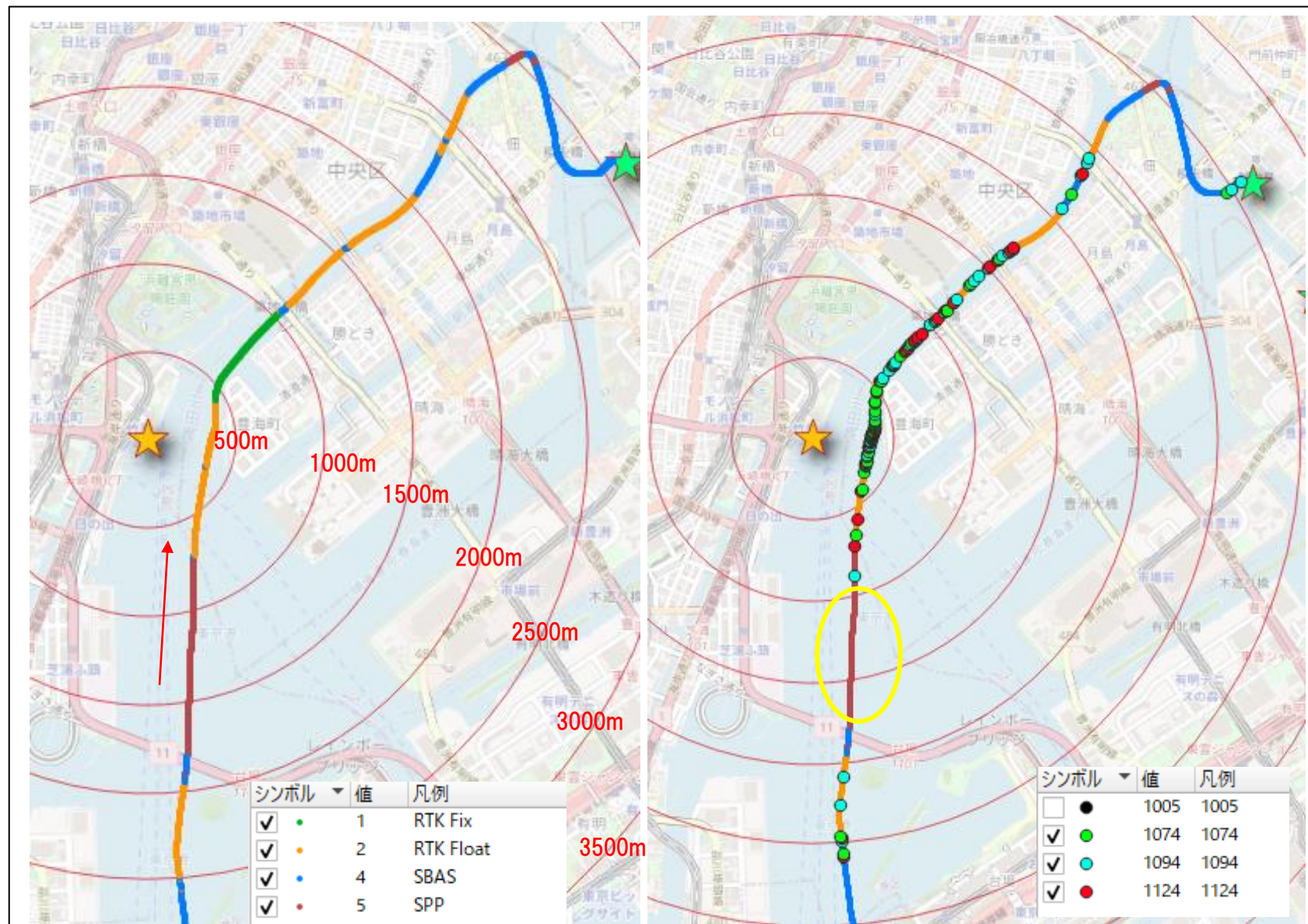
6. 実験結果

◆補正情報受信 復路

レインボーブリッジ通過後66秒間補正情報が受信できなかった。

勝どき付近は見通し範囲外だが補正データの受信が可能だった。

RTK Fixが得られた区間は往路よりも短かった。



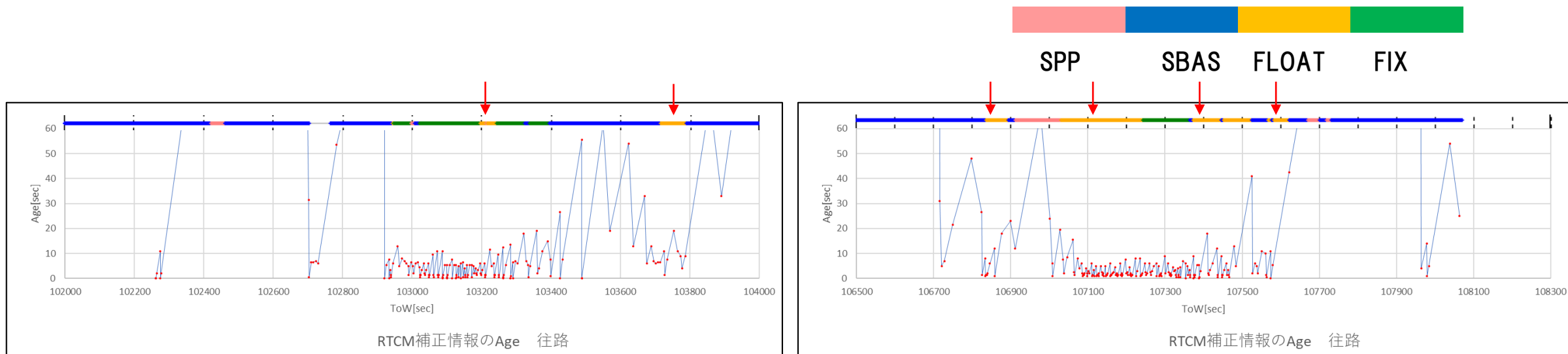
6. 実験結果

◆ 移動局におけるRTK補正情報のAge (前回受信してから今回受信までの間隔)

F9PはデフォルトでAgeが60秒以上になるとRTK Fixできない。しかし今回の実験ではAgeが60秒以下でもRTK Fixできない区間があった。これはRTCMメッセージの一部が欠損していたことが原因である可能性がある。

↓

LoRaによるRTCM送受信には完全性の面で改善するべき点が見られる。



6. 実験結果

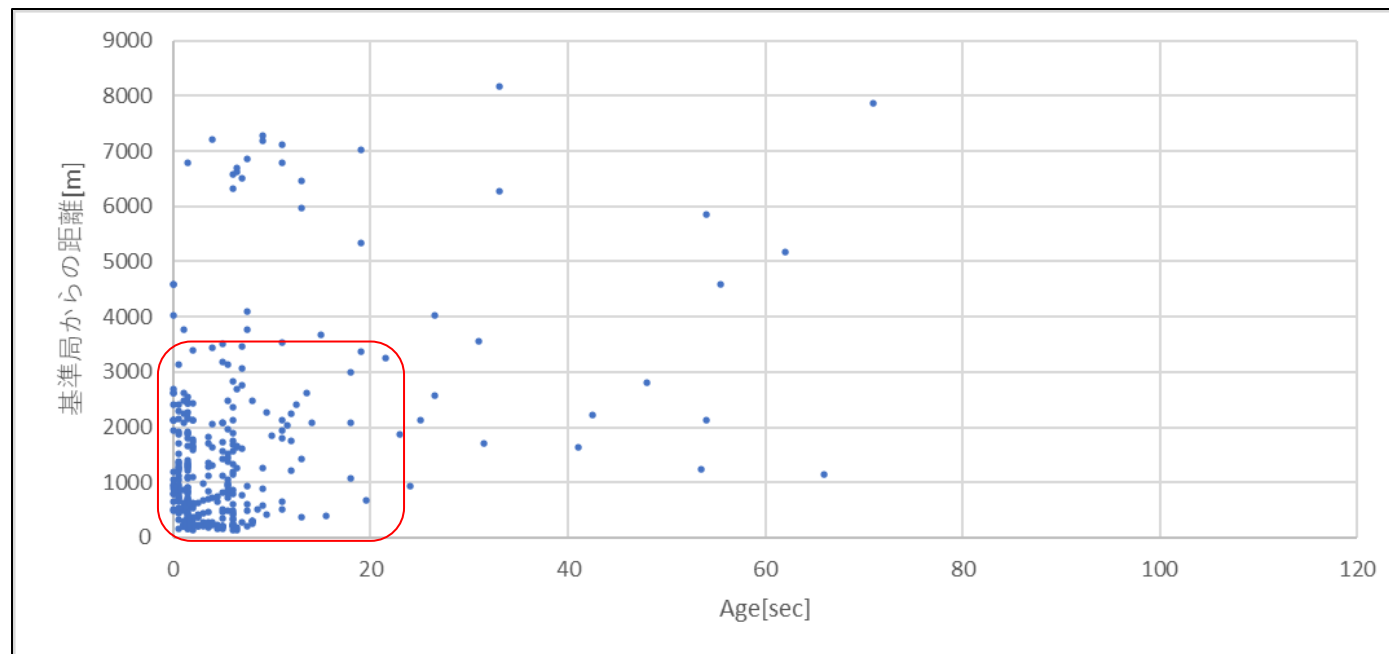
◆Ageと距離の関係

補正情報の放送局から距離が離れるほど受信ロスが発生してAgeが悪化する。

見通し3km以内であればほぼ20秒以内のAgeで補正情報を受信できていた。



見通し3kmはLoRaの潜在的なスペックに対して短かすぎるので補正情報サイズの削減やSFの変更などが必要



6. 実験結果

◆ 船のトリムによる回折などの影響

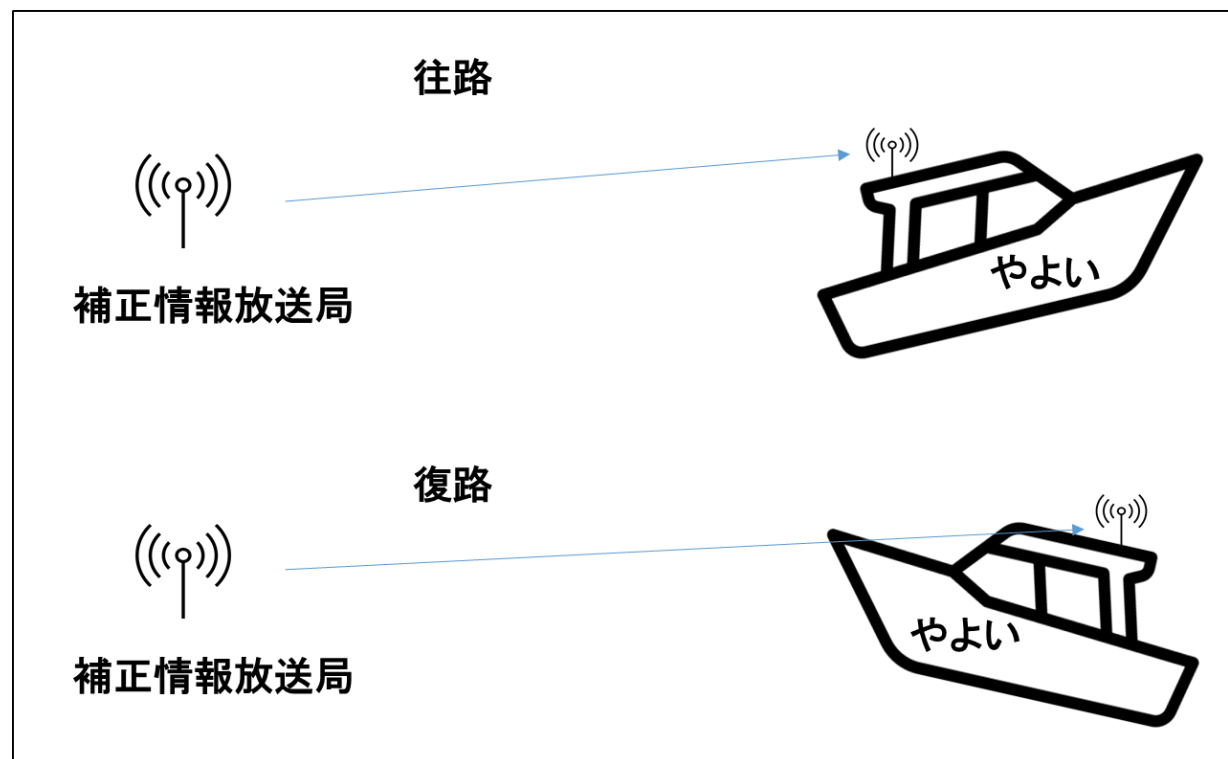
同じ近距離の見通し範囲上でも往路と復路によってRTK Fix率に大きな差があった。これは船のトリムによって船上のLoRa受信アンテナが他の船上構造物によってブロックされていたためだと考えられる。そのため、LoRa受信アンテナの設置位置も今後の課題である。



往路



復路



7. まとめ

- ◆免許不要のLoRaを用いてRTK用補正情報の送受信を行った。
- ◆見通しがある海上実験では3kmほどの距離まではコンスタントなRTCMの受信が可能であった。
- ◆RTCMメッセージは1パケットのサイズが大きいため3km以上の距離では受信ロスが多く見られた。
- ◆RTK結果をモニタリングする環境を作成した。
- ◆3つのLoRaWANゲートウェイを用いてほぼ全ての航路上で船の位置をリアルタイムにトラッキングできた。