

本調査は、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構が
アットシグナル株式会社に委託して実施したものである。

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
2023年度技術調査

**外部アンテナ付きルータ等による船陸間通信の性能評価
に関する調査**

1. 背景・目的

2. 調査概要

(1) 調査航路 (2) 調査期間 (3) 調査船名

3. 測定条件

(1) 使用機器 (2) 接続環境 (3) 通信プラン (4) 設置機器の構成

4. 機器設置

(1) 条件 (2) 場所

5. 測定方法

(1) 計測式 (2) 計測項目 (3) 計測間隔

6. 測定結果

7. 考察



背景

【船陸間通信インフラとして利用されている衛星通信の特徴】

■ 4Gの携帯回線

- ・安価に導入が可能であるが、陸から離れると通信が途切れやすい。

■ 静止軌道衛星

- ・陸から離れても通信が可能。

■ 低軌道衛星通信（2023年以降にサービス開始予定）

- ・【メリット】従来の衛星通信より安価かつ高速。

→海上での船陸間通信環境改善に期待。

- ・【デメリット】通信費やアンテナの設置費用などが高額。

→内航海運業者にとっては大きな負担となり、船員の福利厚生設備として導入するハードルは高い。



そこで

目的

外部アンテナ付きルータを用いて陸上からの電波を利用することで、通信費を抑え、如何に内航船舶で通信が可能か検証すること

(1) 調査航路

東京湾 ～ 函館港（沿海）

※臨時で発生した動静（京浜地区港～中部地区港）のデータあり

(2) 調査期間

2023年1月23日～2023年3月15日

(3) 調査船名

6000総トン級貨物船

(1) 使用機器

- ・計測対象のルータ3台
- ・LTE通信タブレット
- ・計測機器 (パソコン)

※付属機器

- ・速度計測用PC
：型番 RasberyPI 3B+ × 4台
- ・速度測定サーバ
：メディアウォーズ 専用サーバ 1台 (クラウド上のサーバー)

(2) 接続環境

- ・ルータ及びタブレットと、計測機器の接続方法は全て同一の環境となるよう設定。
→機器による計測結果への影響が最小限になるように設定。
- ・LTE通信タブレットの計測については、LAN側 (パソコン側) への接続に内蔵のWi-Fi機能を使用せず、計測機器 (パソコン) をケーブルで直結。
→ルータ3台と同じ接続環境となるよう構築。

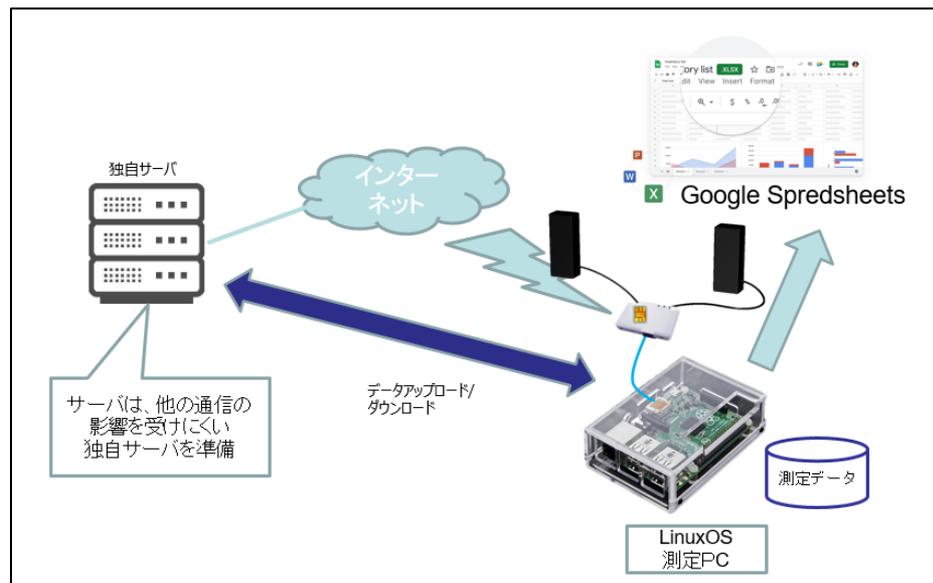
(3) 通信プラン

- ・SIMの契約プラン
：NTTドコモ LTE対応データ通信月間60GBまで使用可能なプラン

(4) 設置機器の構成

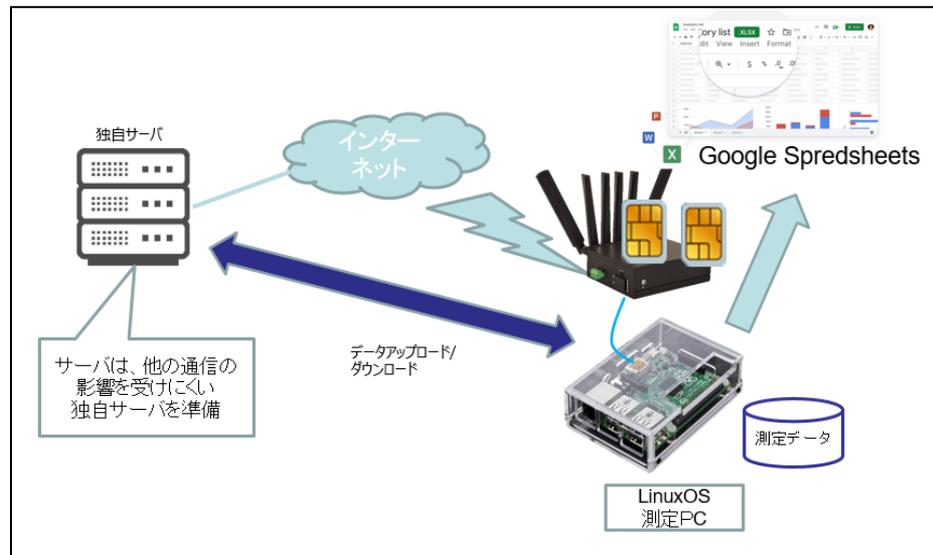
①外部アンテナ対応ルータ

- : NEC製 EA01A + 外部アンテナ
(ケーブル 1.5 m)
- : SIM…ドコモLTE× 1

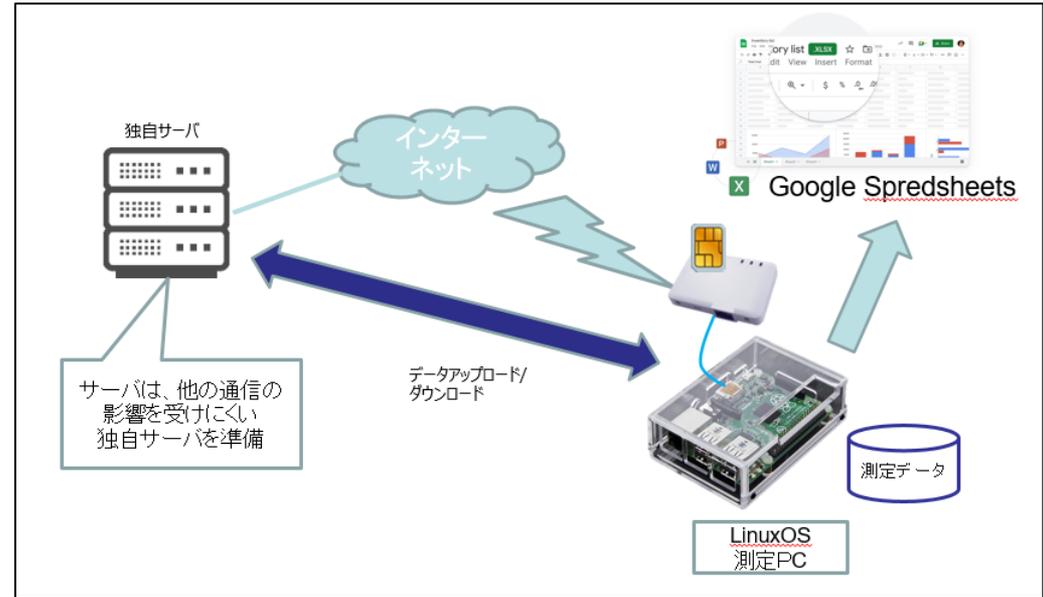


②マルチSIMルータ

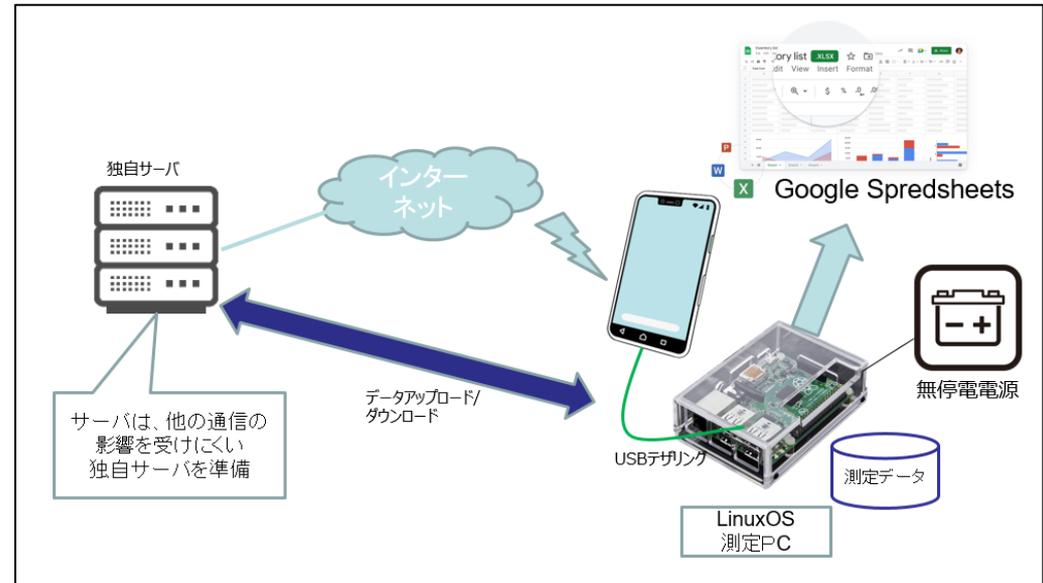
- : Peplink製 UBR-LTE
+ SpeedfusionクラウドプランD
- : SIM…ドコモLTE× 2



- ③内蔵アンテナ搭載ルータ
 - : NEC製 EA01A (内蔵アンテナ)
 - : SIM…ドコモLTE× 1



- ④LTE通信タブレット
 - : ASUS ZenFone 5 型番
ASUS—X00QD
 - : SIM…ドコモLTE× 1



(1) 条件：船主のLTEルータ設置経験のある技術者と検討

- ・電波干渉が少なく、電波受信環境において他の調査機器との優位性が出ない場所

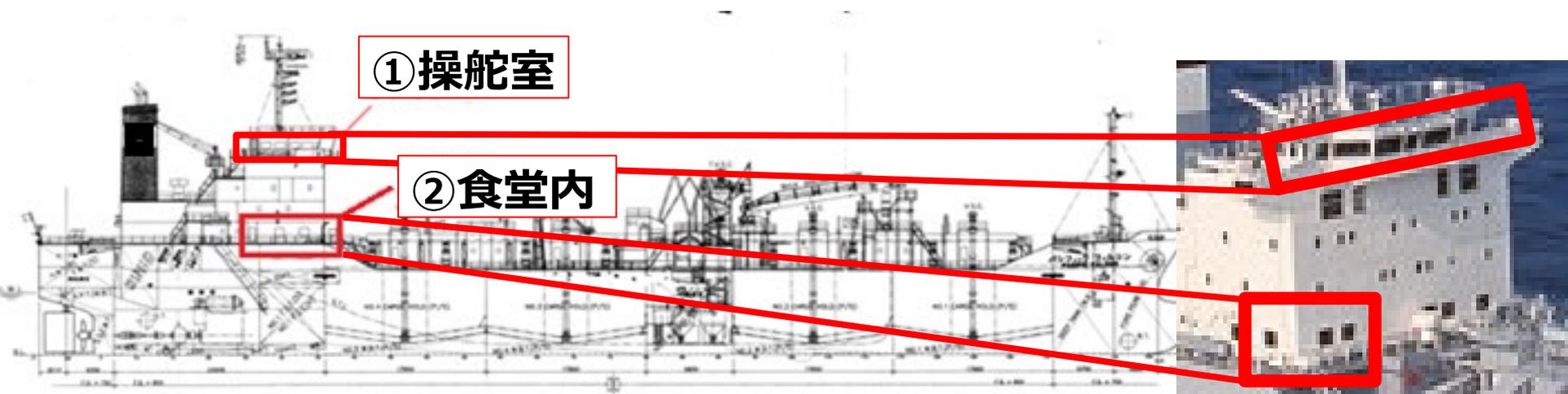
(2) 場所

①操舵室

- ・ルータ×3種（①、②、③）
 - ※①～③の機器は半径1メートル以内に設置
- ・速度計測用PC×3台
- ・GPS発信機（ルータ③添付品）

②食堂内

- ・LTE通信タブレット×1式（④）
 - *SIM付きタブレット
- ・速度計測用PC×1台



① 操舵室

アンテナ設置場所



ルータ(①)用 左舷側・外部アンテナ



ルータ(①)用 右舷側・外部アンテナ



ルータ設置場所



ルータ(①)

ルータ(③)



ルータ(②) / 附属・GPSレシーバー



GPSアンテナ設置場所



アンテナ設置場所

ルータ設置状況：航海船橋甲板（操舵室内）

② 食堂内

テレビの裏へ設置

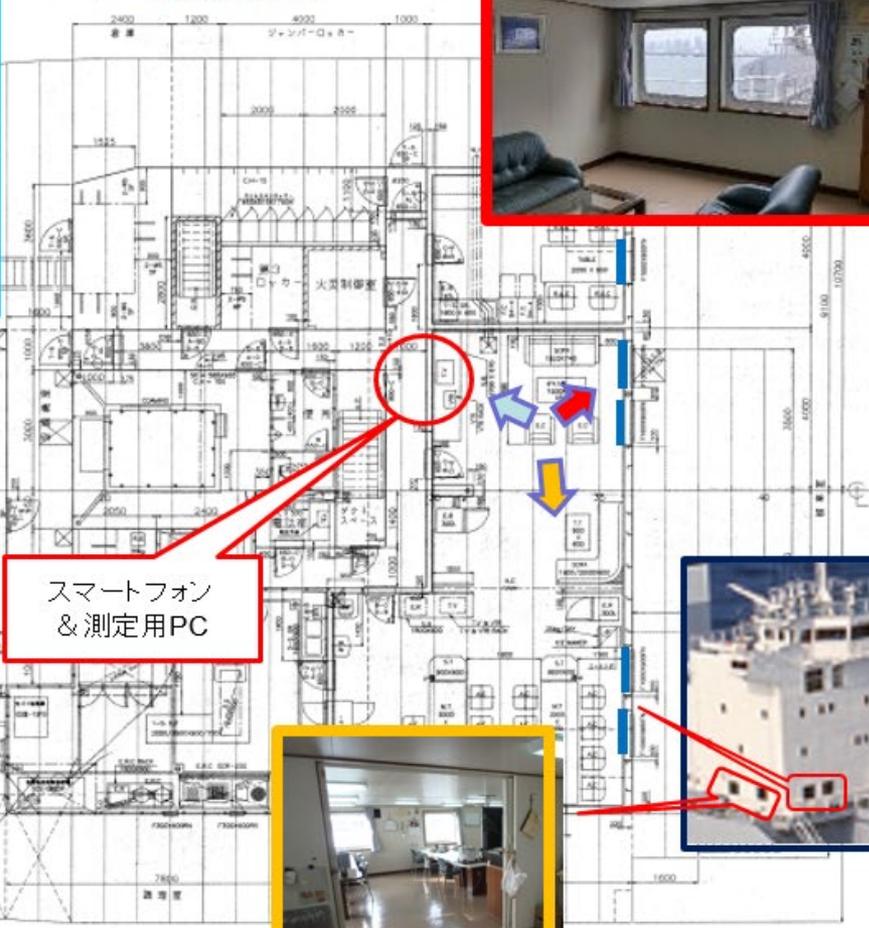


右舷が陸の時に電波状況良好

船首方向



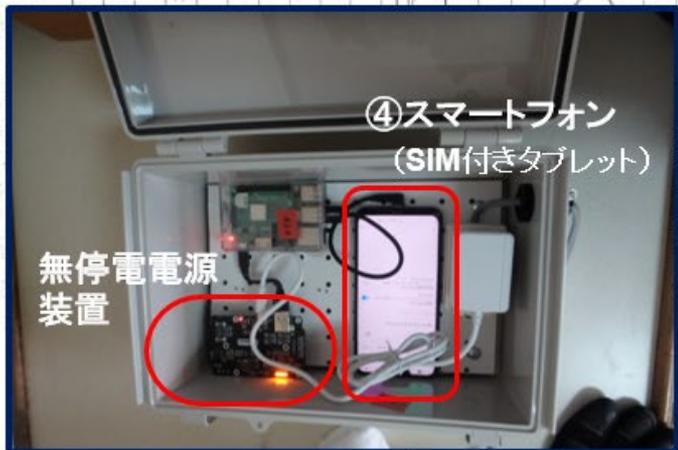
青線は窓を現す



スマートフォン
& 測定用PC

④スマートフォン
(SIM付きタブレット)

無停電電源
装置



(1) 計測式

$$\text{通信速度} = \frac{\text{ファイルサイズ (Mb)}}{\text{クラウド上 (インターネット上) の専用サーバと、測定用ルータに接続された計測用PC にファイルをダウンロードおよびアップロードするのに要した時間 (秒)}}$$

- 単位は、1秒あたりに取得したメガバイト数として Mbps とした。
- 測定ソフトは、iperf※ を使用した。
- 測定速度に使用するサーバは、他者の影響を受けにくいように独自サーバを構築し、インターネット上で計測対象ルータおよびLTE通信機能付きタブレットからのみ通信可能となる方法を採用した。

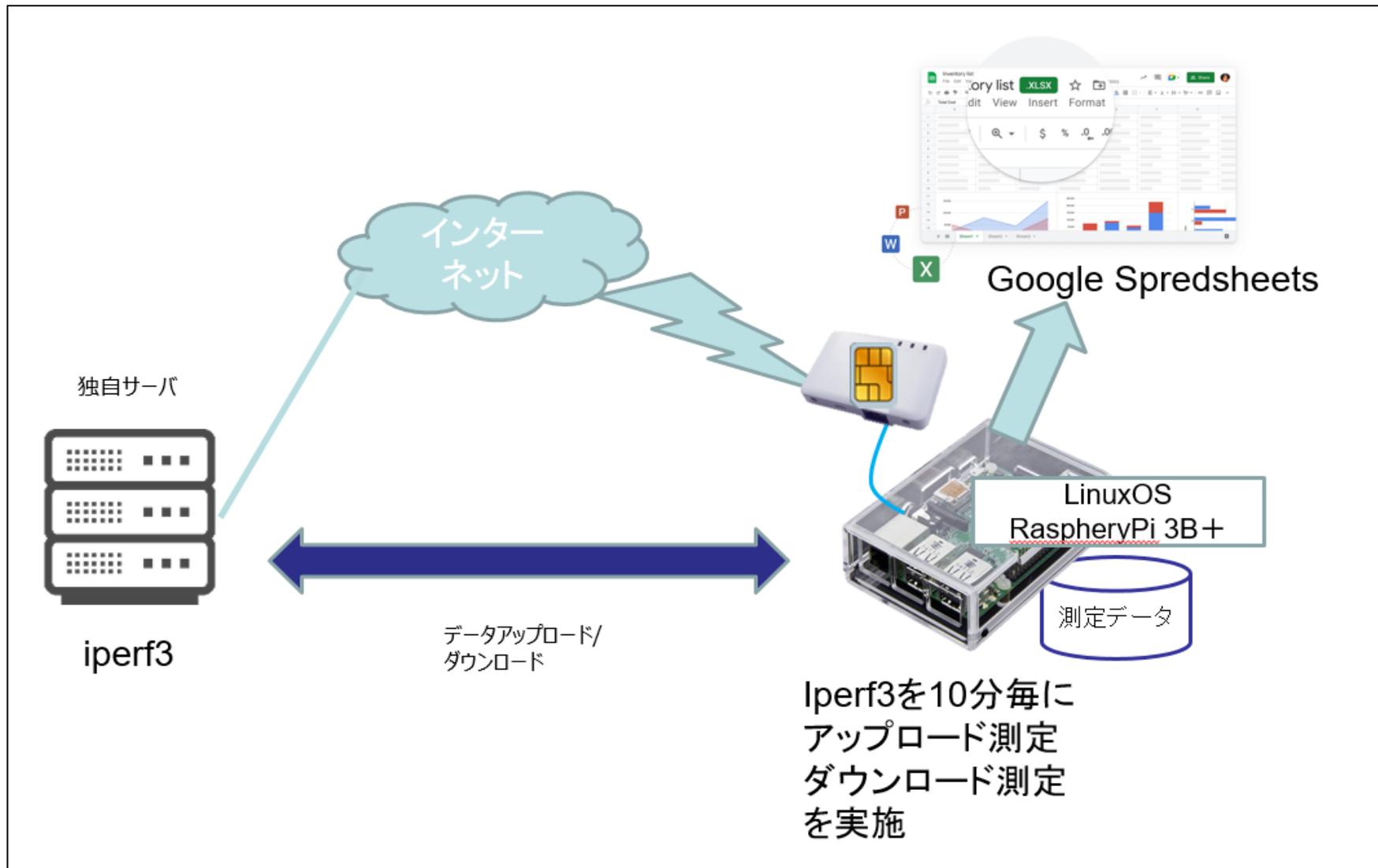
(2) 計測項目

通信速度計測のほか、日時、船舶の位置、船舶の向きについて記録した。

(3) 計測間隔

10分

※iperf はネットワークパフォーマンスの測定とチューニングを行うためのツールであり、クライアントとサーバの機能がある。両端（通信端末とサーバ）間で一定量のデータ通信を行い、一方向または双方向の通信速度の測定が可能。



システム構成図

- Google map上にプロットし、計測値に合わせてピンの色分けを行いマップ上にプロットした。
- 船に対して、陸が左舷にある場合は黄色のライン、陸が右舷にある場合は緑色のラインとした。
- プロットデータは、船という特性上測定ごとに位置が変わるため、すべてのデータをプロットした。

【航行範囲全体の比較（抽出データ）】

外部アンテナ対応ルータ



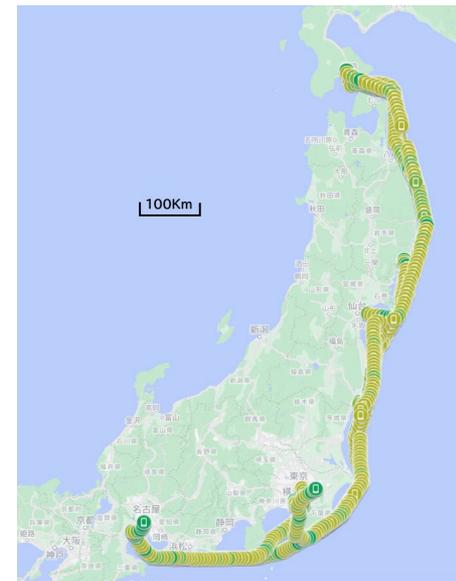
マルチSIMルータ



内蔵アンテナ搭載ルータ



LTE通信タブレット



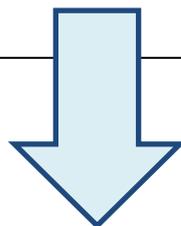
■ NC ■ 0~0.5Mbps ■ 1~3Mbps ■ 4~10Mbps ■ 11~20Mbps ■ 20~Mbps

結果 1

①外部アンテナ対応ルータと③内蔵アンテナルータで特性に違いがあった。

想定

内蔵アンテナの設置場所による、受信感度の低下を補うものとして外部アンテナにより通信速度が改善されると想定していた。



実際

- 陸から遠い場所では、外部アンテナの方が速度が良好であった。
- 陸に近い電波強度の強いエリアでは、内蔵アンテナの方が速度が出ていた。

原因

■ 内蔵アンテナルータの性能がかなり高いため。

⇒内蔵アンテナルータについては、メーカーに拠ると、内蔵アンテナは弱電界域での安定接続性能の向上を目的として、設計段階でチューニングを重ね、自社製造を行った。

⇒外部アンテナについては、オプション設定用に部品購入しているもので、特段の改修などは行っていない。



結果 2

②マルチSIMルータは、SIMが2枚搭載されており、2倍近い速度が期待されたが、そこまでの速度は出ていない。

原因

- ②マルチSIMルータの通信速度が、想定より低い結果であることより、メーカーサポートへ問合せたところ、**最適な環境でも1.7倍程度のスピードしか出ない**ことが確認されたため。
 - ⇒ 2つのそれぞれインターネット回線から1つの回線に取りまとめる処理により、オーバーヘッドが生じる。
 - ⇒ 回線をまとめて1本にする機能の特性として、通信回線毎の速度差や遅延差が大きい場合に最適な性能が出るようになっている。

結果 3

④LTE通信タブレットは、接続性は良くないが、強電界では比較的高速な通信が可能となっている。

原因

- LTE通信タブレットの処理能力は、ルータ類に比べて、様々な処理を行うために、CPU性能やメモリの速度などハードウェア性能が圧倒的に高いため。

結果 4

④LTE通信タブレットに関しては船舶の向きに関して影響があった。

原因

- ④LTE通信タブレットを設置した食堂の右舷方向には窓があり、左舷方向には鋼鉄製の壁があるが、操舵室は、ほぼ全方位がすべて窓となり、本船の向きによる影響が生じない状態だったため。
⇒船員の休憩時間等にスマートフォンを利用した通信をする場合は、窓際左舷、右舷が両方見える位置でご利用することで、通信状況が改善されると想定する。

概要

- 通常ルータとLTE通信タブレットでの違いを確認した。
- 下図に伊豆半島沖にて比較をした結果を示す。（抽出データ）

結果

- 内蔵アンテナルータは、当該海域（伊豆・大島付近）では切れにくく安定していた。
- LTE通信タブレットは、通信不安定となることが多いが、通信可能な海域では高速でつながることもあった。

ルータ 内蔵アンテナ③



LTE通信タブレット④



NC 0~0.5Mbps 1~3Mbps 4~10Mbps 11~20Mbps 20~Mbps