

山岳地帯での Starlink の通信特性評価実験

特定非営利活動法人けいはんなアバターチャレンジ

最近注目される NTN (Non-Terrestrial Network) の代表格が Starlink である。地上の 500km 離れた 2 地点を直線で結ぶ光ファイバーケーブル上の光の伝搬時間は 2.5ms。一方、この 2 地点の中点の 500km 上空の低軌道衛星経由の光の伝搬時間は、簡単な計算で、3.8ms である。衛星中継というと、これまでは静止衛星のイメージが強く、長遅延と思いがちだが、Starlink の場合、簡単な幾何学で光の伝搬時間はさほど大きくないことが分かる¹。また面積カバー率も高いため、アバター (遠隔操縦ロボット) 等の IoT 向けアプリケーションに適している。

この報告は、2023年8月7日に奈良県吉野郡十津川村の協力を得て、村内 5 か所の地点で測定したの Starlink の評価である。Starlink アプリの速度表示に加えて、Wi-Fi ルータに PC 等の事務機器を繋いでインターネット利用するときのスループットとして USEN スピードテスト²での評価も行った。PC が 1 台では Starlink の通信帯域を使いきれない。PC を 6 台くらい接続してもダウンロード速度 24Mbps を実現でき、PC が 2 台までならアップロード速度 22Mbps を期待できると分かった。

I. 評価サマリ

(1) 測定値

村推奨の 3 測定地点と、直感で選んだ 2 地点との有意な差は (Jitter を除くと) 有意な差はない。5 地点平均で Starlink アプリの測定の場合、ダウンリンク **151.2Mbps**、アップリンク **36Mbps**、USEN スピードテストの場合、ダウンロード **23.74Mbps**、アップロード **21.89Mbps**、往復遅延(Ping)が **52.2ms**、Jitter が **20.00ms** であった。

- ① 町から推薦された役場屋上、玉置山駐車場、谷垣内で、Starlink アプリの測定の場合、ダウンリンク 120~191Mbps (平均 **159Mbps**)、アップリンク 14~55Mbps(平均 **32Mbps**)、USEN スピードテストの場合、ダウンロード 12.7~41.35Mbps (平均 **22.28Mbps**)、アップロード 13.45~33.47Mbps(平均 **22.99Mbps**)、往復遅延(Ping)が 49~56ms(平均 **51.67ms**)、Jitter が 11.36~19.22ms(平均 **16.51ms**)であった。
- ② 町に到着時点で事前の知識なく選んだ道の駅、役場駐車場で Starlink アプリ

¹ 現実には、地上の光ケーブルは 2 地点を一直線で結ぶことは通常ないこと、ルータ等多くの通信機器を経由することによる処理遅延が加わることから、伝搬時間は 2.5ms より長い。概ね直線距離が 2000km を超える場合は、衛星経由の伝搬時間の方が短い。

² <https://speedtest.gate02.ne.jp/>

の測定の場合、ダウンリンク 170~109Mbps (平均 **139Mbps**)、アップリンク 45~39Mbps(平均 **42Mbps**)、USEN スピードテストの場合、ダウンロード 17.51~34.34Mbps (平均 **25.93Mbps**)、アップロード 17.82~22.68Mbps(平均 **20.25Mbps**)、往復遅延(Ping)が 59~47ms(平均 **53ms**)、Jitter が 27.11~23.21ms(平均 **25.16ms**)であった。

- (2) 測定当日 2023 年 8 月 7 日の天気³は雨天で、村内の風屋における雨量は 9 時が 1mm、10 時が 1.5mm、12 時が 0.5mm で、その他は 15 時台まで 0mm である。日本では Ku バンドの **14GHz** を使う Starlink にとっては、やや条件が悪かった可能性があるが快晴時時の ATR (京都府精華町) での測定値に近い。測定結果を表 1 にまとめた。
- (3) Starlink kit は、Wi-Fi ルータ付きアンテナの標準構成で 39,350 円、Standard の場合月々 6,600 円で通信容量制限はない⁴。

表 1.各測定地点の Starlink の通信特性

測定地点	測定時刻	Starlink アプリ		USEN スピードテスト			
		Download (Mbps)	Upload (Mbps)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)	Ping (ms)	Jitter (ms)
道の駅	9:37	170	45	17.51	17.82	59	27.11
役場駐車場	10:18	109	39	34.34	22.68	47	23.21
役場屋上	11:49	120	55	41.35	33.47	56	19.22
玉置山駐車場	14:21	166	14	12.8	22.05	50	11.36
谷垣内	15:17	191	27	12.7	13.45	49	18.94

II. 評価方法

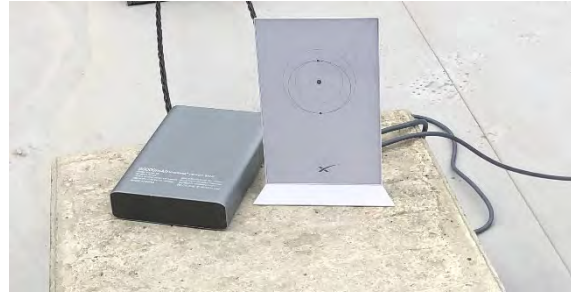
- (1) 仕様機器は、Starlink kit (Mobile - Regional) のアンテナ (右) と Wi-Fi ルータ(下)。白いルータの左がモバイルバッテリー (Krisdonia ポータブル電源 AC 出力対応 モバイルバッテリー 222Wh 60000mAh 大容量 家庭用蓄電池 (AC 出力 + USB ポート + USB-C)予備電源 iPhone/MacBook/ノート PC 等対応 (緊急・災害時バックアップ用電源)) である。



³

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/hourly_a1.php?prec_no=64&block_no=1228&year=2023&month=8&day=7&view=

⁴ 個人向けの場合。今回は Mobile-Residential であったため、月額 9,900 円。

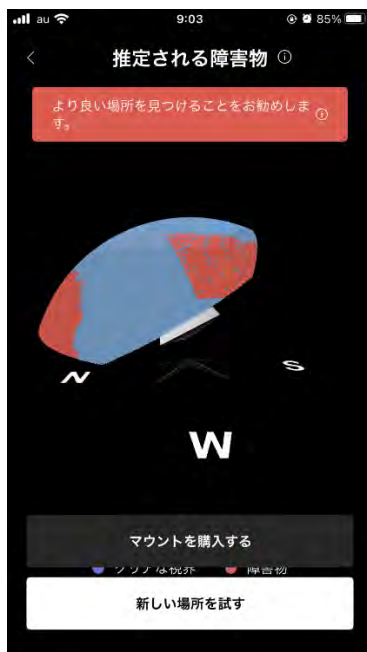


- (2) 使用した PC は Let's note CF-SV8R12VS(Intel(R) Core(TM) i5-8365U CPU @ 1.60GHz 1.90 GHz, RAM 16.0 GB)で OS は Windows 10 Pro である。
- (3) 役場屋上以外はアンテナを車の屋根に置き、ルータ、バッテリー、測定用パソコンは車内に置いて測定した。



III. 各測定地点の視界

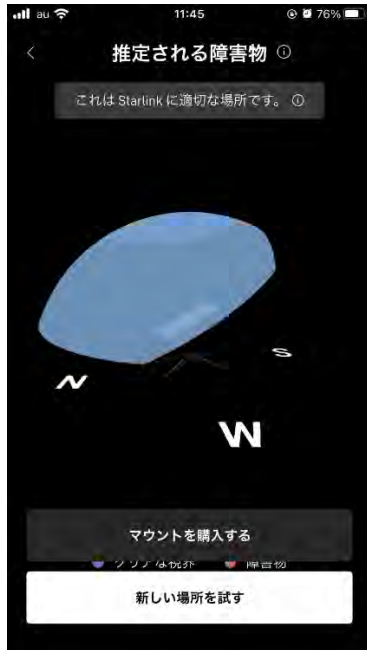
(1) 道の駅



(2) 役場駐車場



(3) 役場屋上

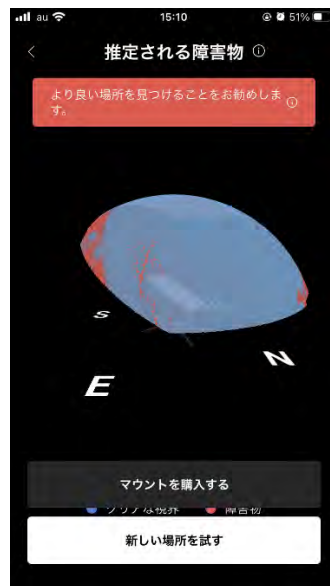
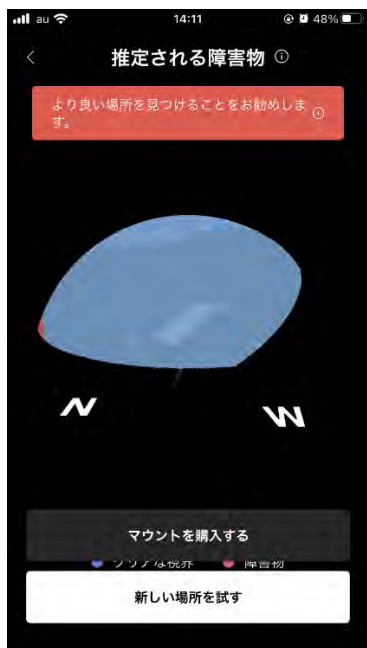


(5) 谷垣内



白瀧大明神近くの交差点（谷垣内バス停前）。北緯 33.96915707226464, 東経 135.76319281762662。

(4) 玉置山駐車場



以上