

Starlinkがやってきたのでネットワークを色々調べました

株式会社インターネットイニシアティブ

サービス企画推進本部

谷口崇

tani@iij.ad.jp

谷口 崇（たかし）

株式会社インターネットイニシアティブ
サービス企画推進本部 フェロー



Starlinkマニア

<https://eng-blog.ij.ad.jp/starlink-mania>

1995年 IJに入社

- ・サーバサイドインフラ・メールサービス等を担当
- ・IJ4U IJmio等

2006年 i-revoに出向

- ・KONAMIとIJの合併会社
- ・エンタメ業界に長く関わる事に、ありがたい経験でした

2022年 IJに帰任

- ・宇宙関係に関わりたいと思ってStarlinkを追っかけています
- ・StarlinkとIJのサービスを組み合わせたい（今ココ）

Starlinkの概要

Starlinkとは？

アメリカ合衆国の民間企業SpaceX(Space Exploration Technologies Corp.)が運営するサービス。低軌道衛星コンステレーションを構築し、**世界中のインターネット未接続地域や、光回線などの固定回線が利用できない地域に衛星ブロードバンド回線を提供することが目的。**

User Terminal (は55,000円
月額6,600円
個人でも契約できる！！

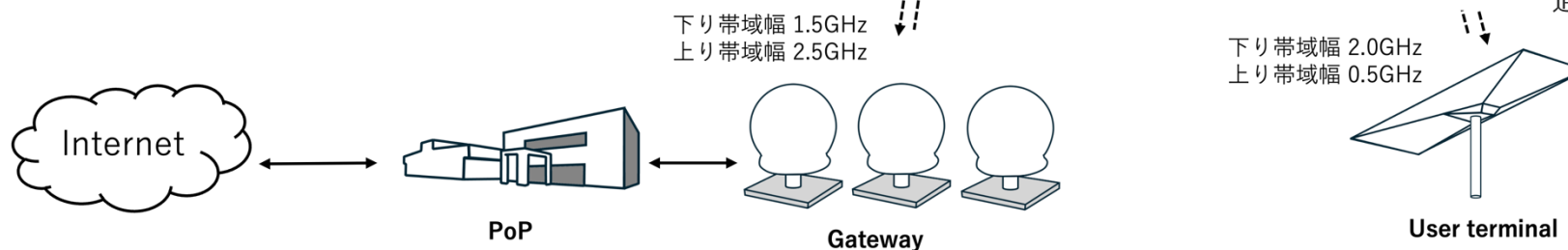
世界100カ国以上でサービスを展開中
400万人を突破

高度550Km付近
に展開する通信
衛星群

100Gbps+
Optical
Intersatellite
Links(ISLs)

BS放送などに使われている
ものと同じ周波数帯の電波

通信速度の理論値は合計550Mbps





最初のStarlink Dishy
2021年

第2世代標準(gen2)



STANDARD ACTUATED
2022年登場
2.9 kg

世界中で一番普及



HIGH PERFORMANCE
2022年登場
6.9 kg(重い)

365,000円

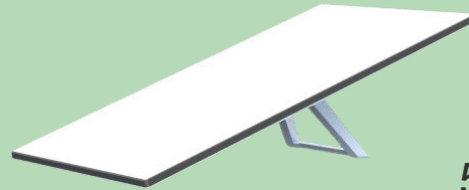
FLAT HIGH PERFORMANCE
2022年登場
5.9 kg (重い)



365,000円

旧世代

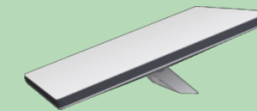
第3世代標準(gen3)



STANDARD
2023年Q4登場
3.2 kg

新しい標準、現行品

55,000円



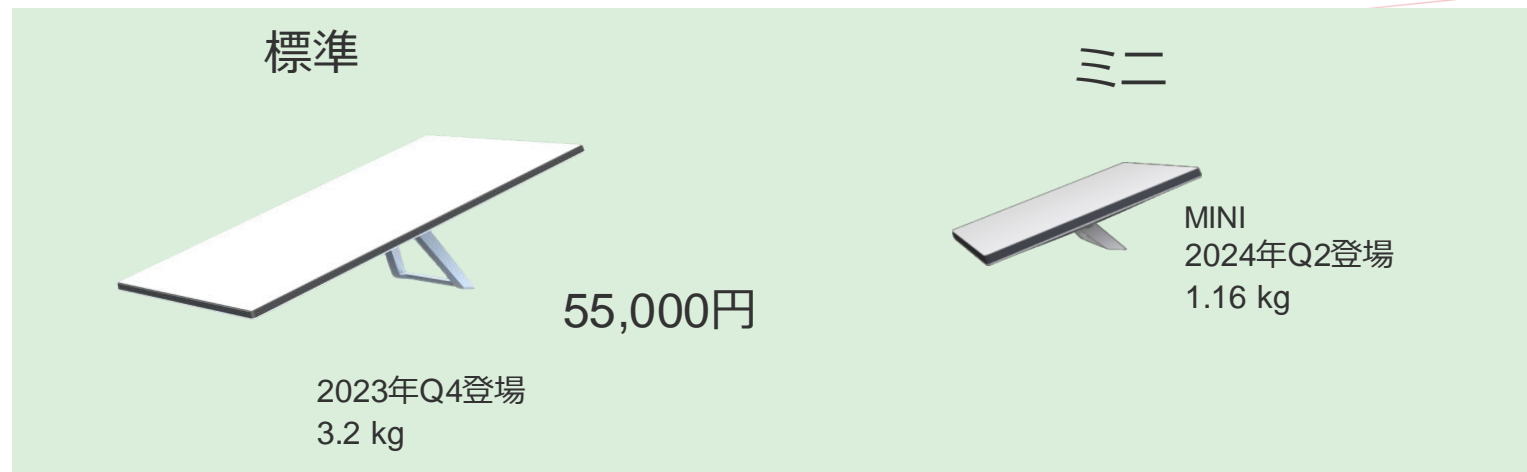
MINI
2024年Q2登場
1.16 kg

注目の小型Starlink

一部の地域で提供開始

現行世代（稼働部分を廃止、コストダウン）

User Terminal の大きさを比較してみる



ミニのメリット

- ・ 軽量、可搬性が向上
- ・ 低消費電力（平均25W）

ミニのデメリット

- ・ 価格（USでは\$599）
- ・ 速度（標準より悪い場合がある）



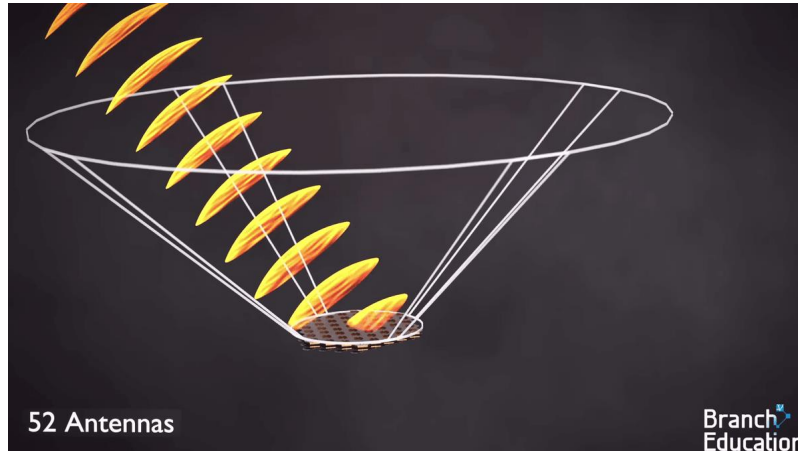
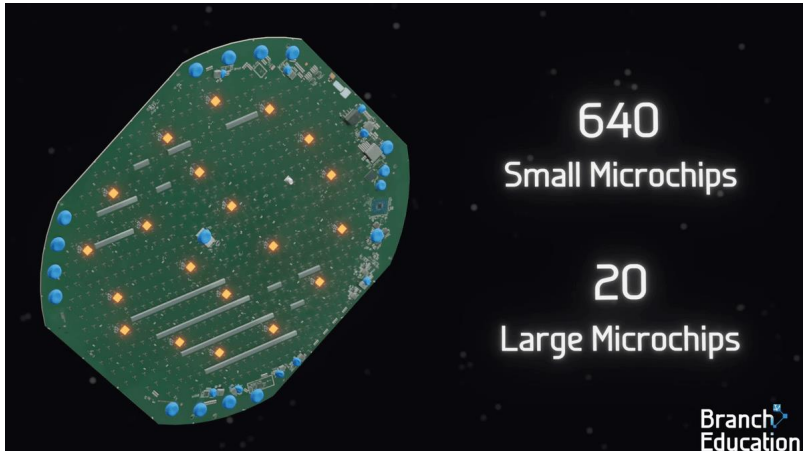
ミニは通信面積が狭く、通信に使う電力が弱い分絶対的な性能は落ちてくる



<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02119/120700006/>
Starlink用アンテナを分解、カスタムICと1016個の素子がずらり

フェーズドアレイアンテナ

小さなアンテナ素子を平面上に複数配列し、各アンテナ素子の位相を電子的に制御することで電波の方向を変える

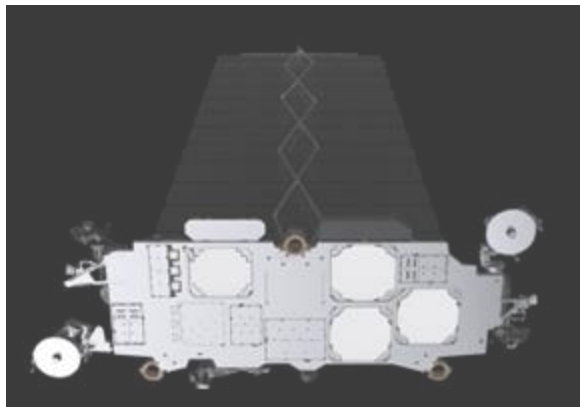


How does Starlink Satellite Internet Work? 📡 🗣️ 📄

<https://youtu.be/qs2QcycggWU>

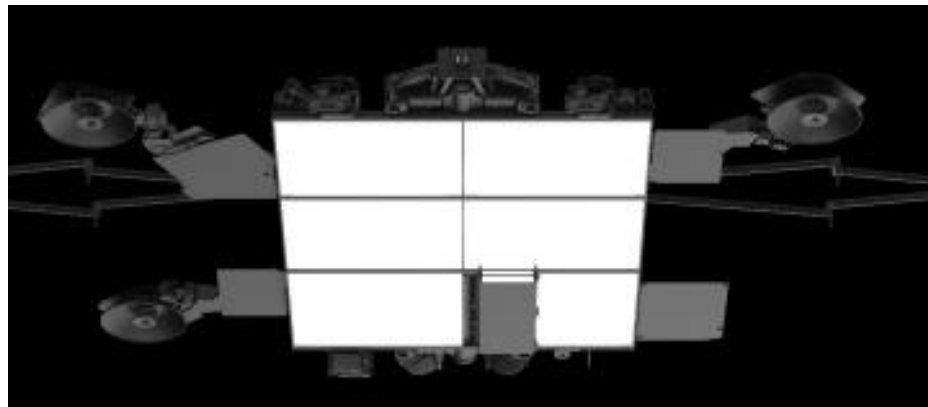
大体の方向を決めて設置すればあとはアンテナが制御する

Starlink V1.5



4,332機

Starlink V2 mini

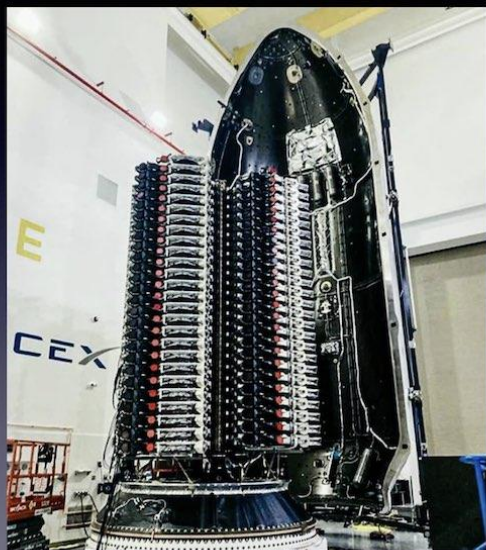


1,269機

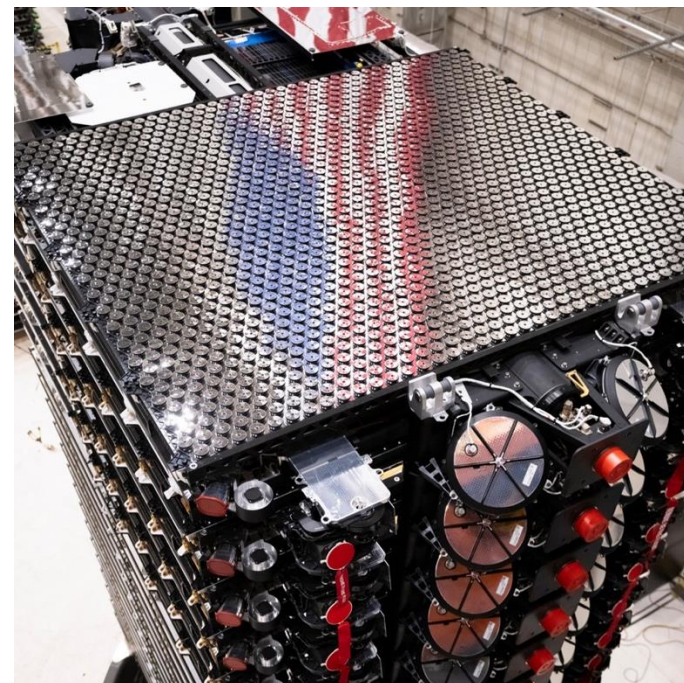
V2 miniはV1.5の4倍の性能

Credit: SpaceX

Starlink V1.5



Starlink V2 Mini



Direct to Cell衛星

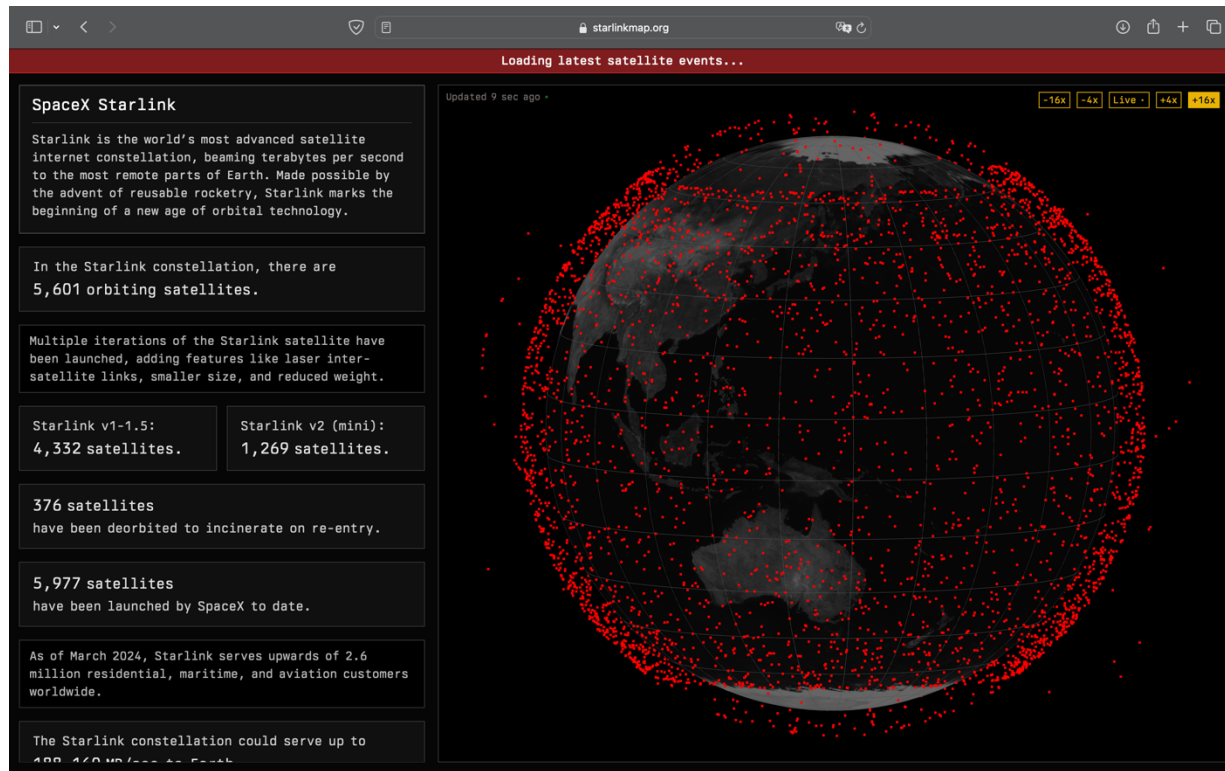
衛星軌道上にある携帯基地局

2024年10月9日、USでハリケーンに見舞われた地域で先行利用開始（T-Mobileユーザー向け）

<https://x.com/SpaceX/status/1843797123420303789>

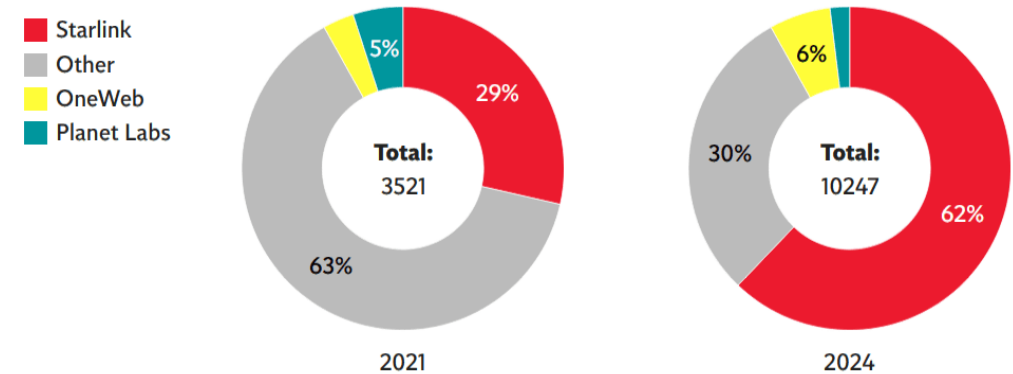
Credit: SpaceX / Spaceflight Now

Starlink (スターリンク) 衛星数の拡大



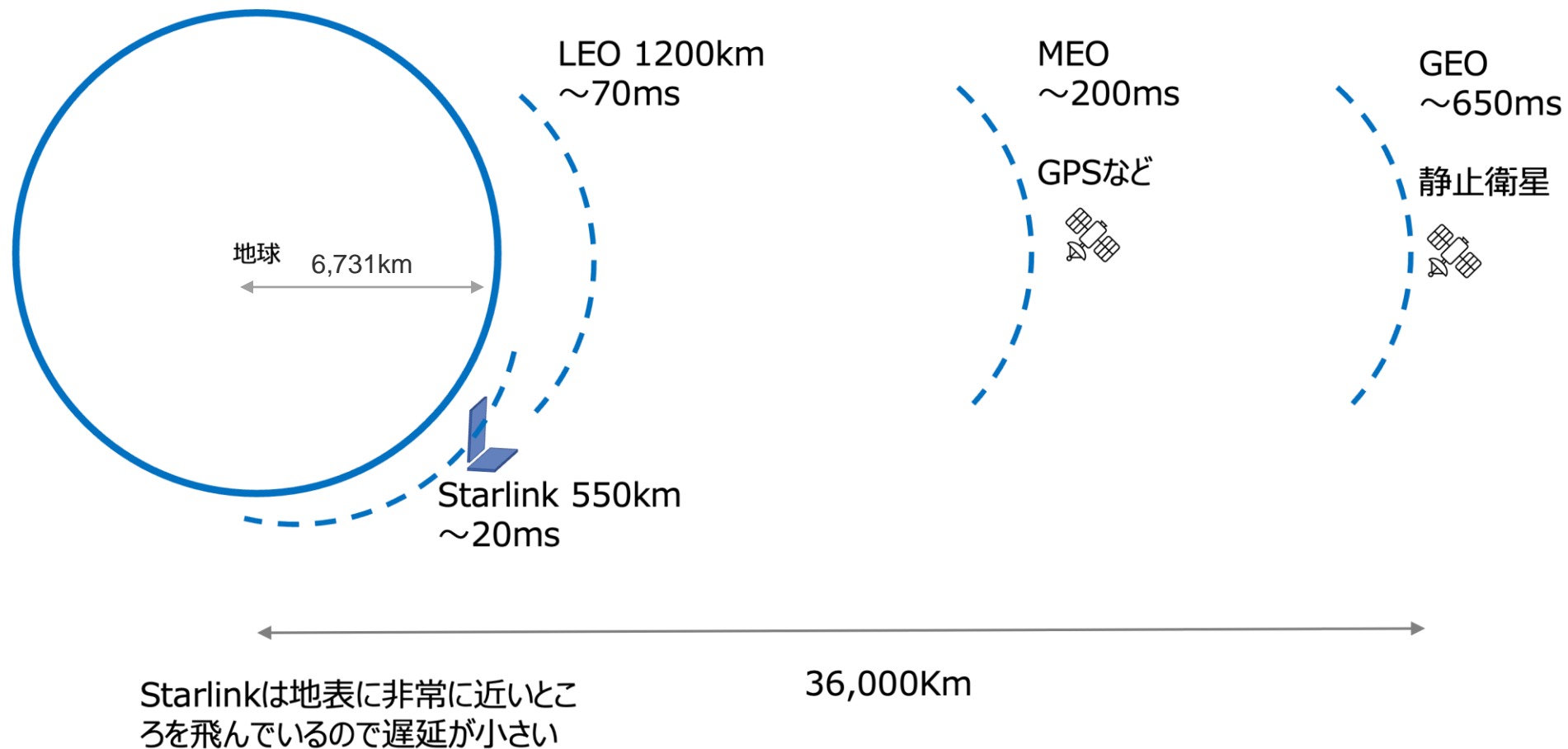
<https://www.starlinkmap.org>

<https://gigazine.net/news/20240909-starlink-satellites-spacex/>
SpaceXが7000基目のStarlink衛星を打ち上げ、アクティブなStarlink衛星の数が全人工衛星の約3分の2に達する



<https://www.independent.co.uk/tech/elon-musk-satellites-starlink-spacex-b2606262.html>

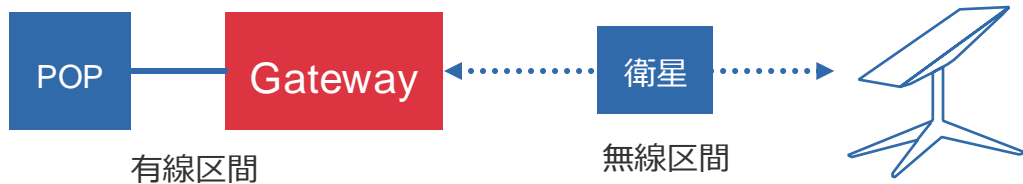
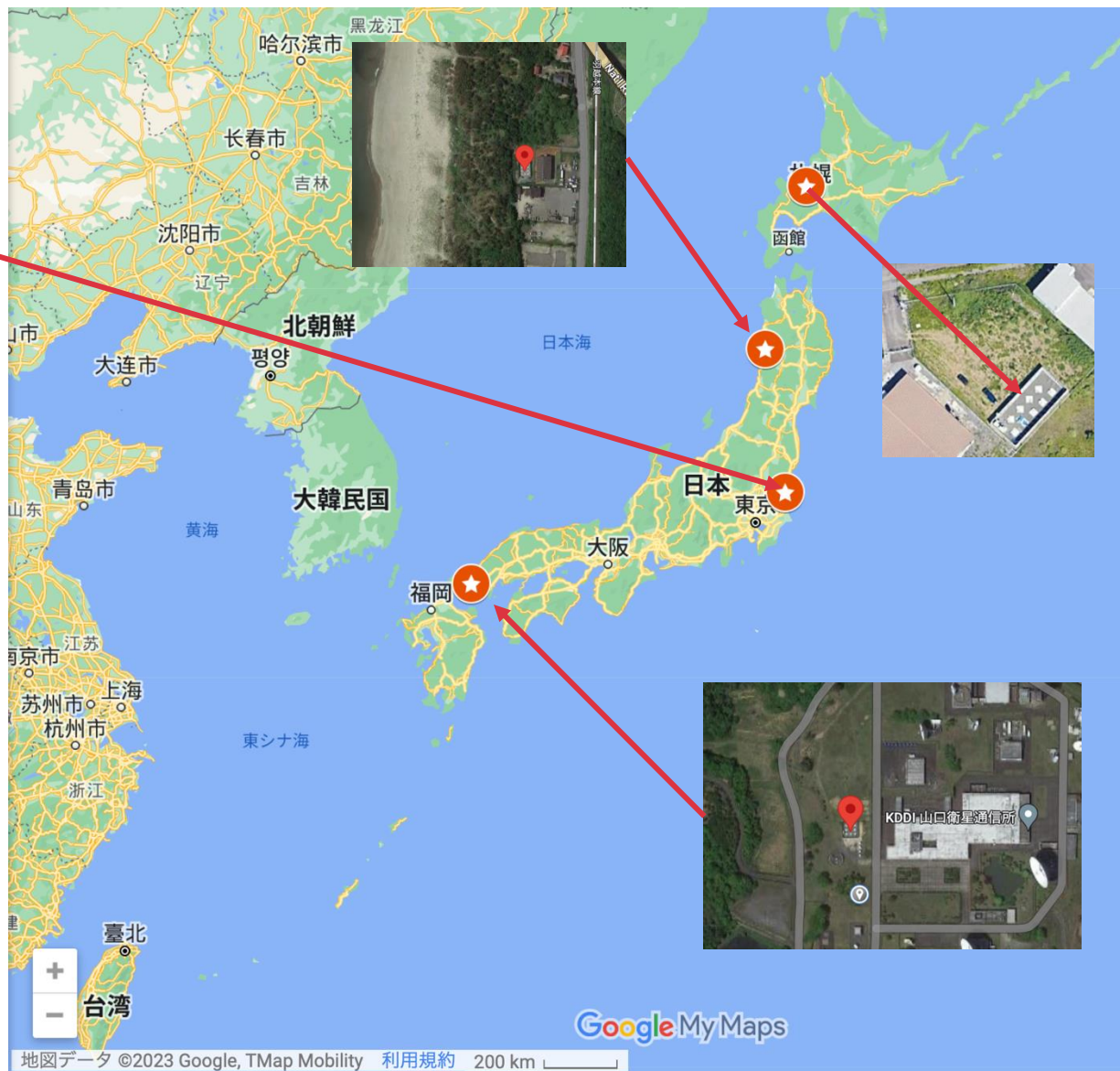
LEO(Low Earth Orbit)、地上との距離が短いので他の衛星通信と比較して遅延が少ない



Starlink衛星と地上を結ぶGateway



茨城のゲートウェイ



Gateway をストリートビューから確認する

北海道のゲートウェイ

<https://maps.app.goo.gl/Qbc43z3zc6fLDVpr5>



レドームの頭が見えます



茨城は道路に面していて確認しやすい

<https://maps.app.goo.gl/Kk2BNV1Qr7zNQgWq9>



山口のゲートウェイ

<https://maps.app.goo.gl/sQcxkFUVWDVWutxL8>



大きなパラボラアンテナの横に頭が見えます



秋田はストリートビューでは見えない位置にある

Starlinkの地上ネットワーク (POPネットワーク)

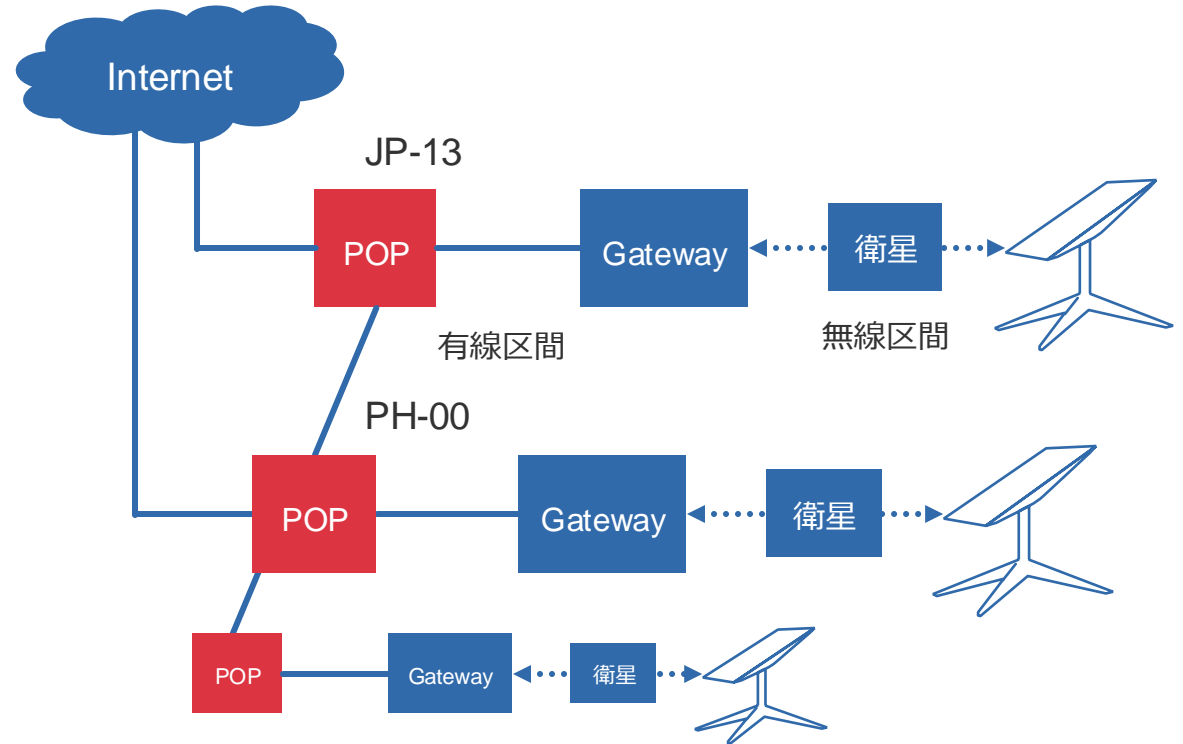


インターネットとの接点がPOP

- 衛星通信部分は伝送路？ (L2接続？)
- GatewayからPOPまでの接続も伝送路？ (L2接続？)

世界中にPOPが設置されStarlink網を形成

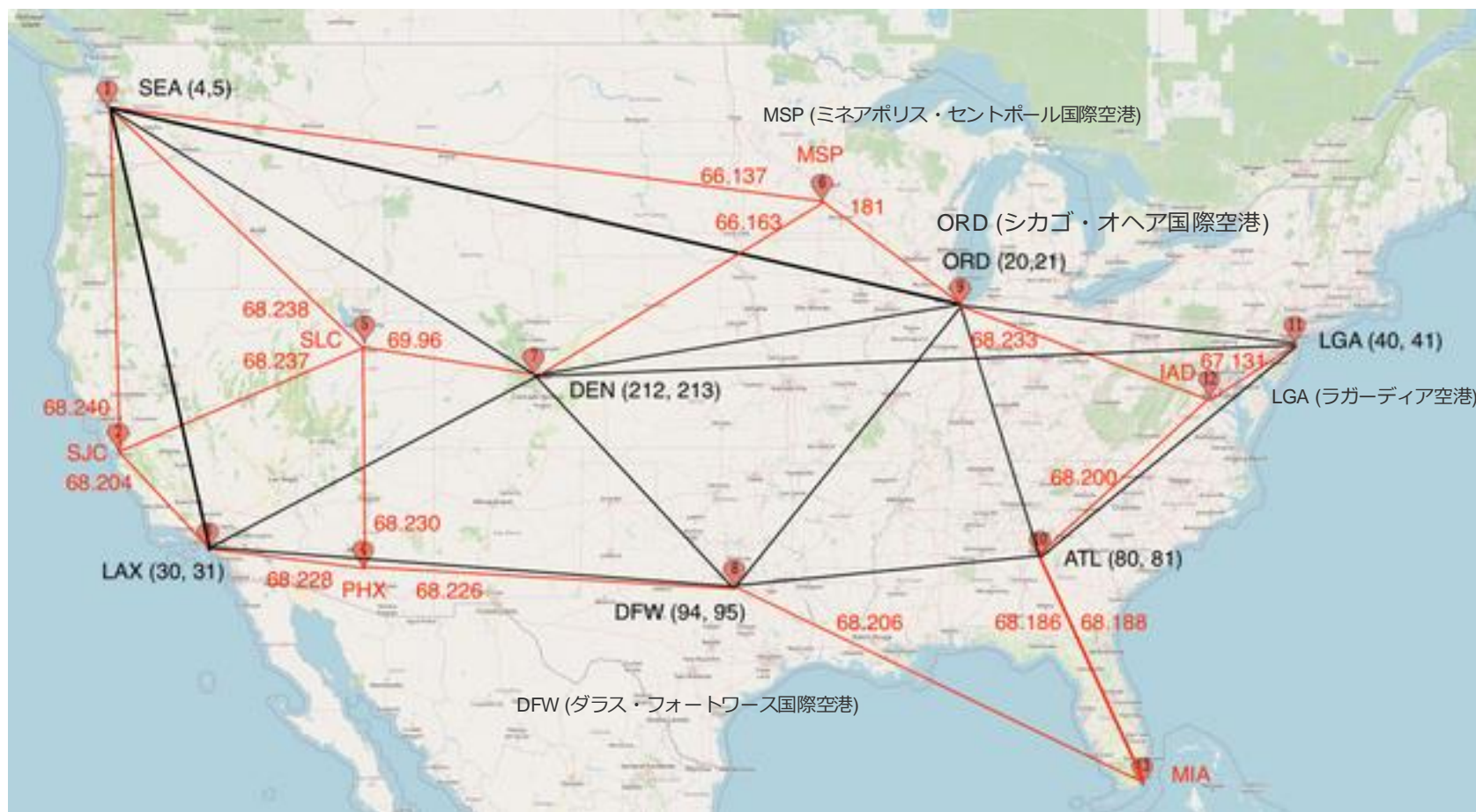
- 日本は東京 (JP-13, Tokyo)
- フィリピンはマニラ (PH-00, Manila)



<https://onlineacademiccommunity.uvic.ca/starlink/>

University of Victoria

Starlinkの地上ネットワーク (POPネットワーク)



空港の名前で表現しているがそこにPOPがあるという意味ではない。便宜上

- US-AK,Dutch Harbor
- US-AK, Nome
- US-AZ, Tempe
- US-CA, Hawthorne
- US-CA, Los Angeles
- US-CA, San Jose
- US-CO, Denver
- US-FL, Miami
- US-GA, Atlanta
- US-IL, Chicago
- US-MD, Annapolis
- US-MN, Minneapolis
- US-NY, New York
- US-TX, Dallas
- US-UT, Salt Lake City
- US-VA, Ashburn
- US-WA, Seattle

<https://onlineacademiccommunity.uvic.ca/starlink/>

Starlinkの地上ネットワーク (POPネットワーク)



BOG ボゴタ (コロンビアの首都)

FOR フォルタレザ (ブラジルのセアラ州の州都)

LIM リマ (ホルヘ・チャベス国際空港)

GRU サンパウロ (グアルーリョス国際空港)

SCL サンディエゴ (アルトゥーロ・メリノ・ベニテス国際空港)

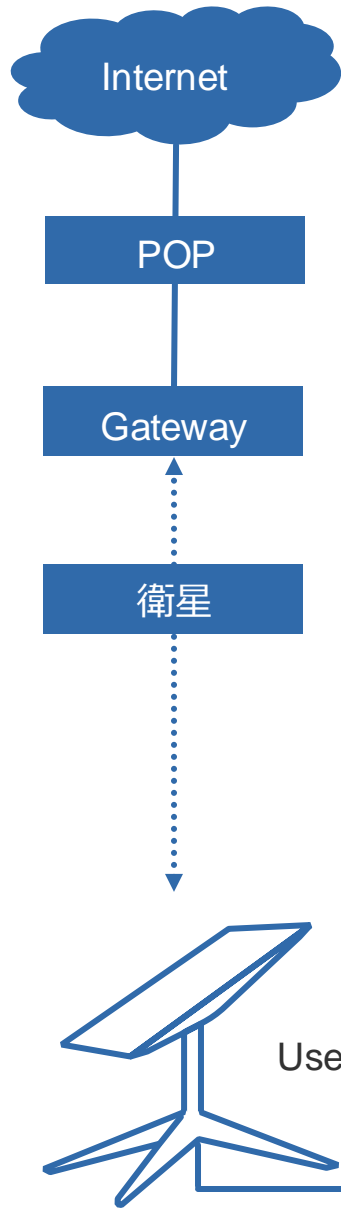
GRU サンパウロ

BUE ブエノスアイレス

<https://onlineacademiccommunity.uvic.ca/starlink/>

Starlinkが提供するネットワーク

アドレスの自動割り当てについて、静的な割り当てはないです
CGNAT、フィルタの仕様、IPv6の自由度が高いです
IPアドレスの規模、性能、400万人を支えるアドレス体系



User Terminal 配下の機器から見た視点

- IPv4アドレスはDHCPで配布
 - 「デフォルト」ポリシーと「パブリック」ポリシー
 - ISP Shared Address - 100.64.0.0/10 からの割り当て
 - CGNATでパブリックIPv4アドレスに変換
 - 一部のプランで「パブリック」ポリシーを選択できる
- IPv6ネットワーク
 - SLAAC/DHCPv6-PD 配布 /56
- 割り当てポリシー
 - DHCP リース時間(5分)に関係なく 24 時間 割り当て、24 時間未満で再起動または切断されても、変更されない（移動とかしたら別）。
 - 24 時間以上オフラインの場合でも関連付けられたままだが、利用可能な他のアドレスがない場合、再割り当ての候補になる。

Wi-Fiルータ

WAN

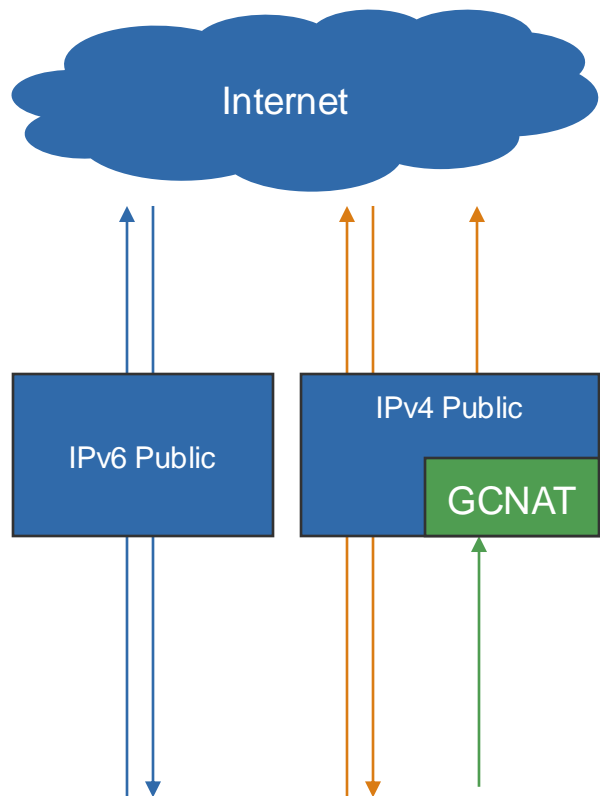
- DHCP
- DHCPv6-PD /56
- SLAAC /64

LAN

- IPv4 Network (192.168.1.0/24)
- GW: 192.168.1.1
- DNS: 192.168.1.1

IPv6 Network

- Unique Local Address (ULA)
- Global Unicast Address (GUA)
- DNS: Wi-FiルータのULAアドレス



アウトバウンドポートのブロック：TCP/25（SMTP）およびTCP/445（SMB）

- ・情報セキュリティのベストプラクティス
- ・IPv4、IPv6共通と思われる

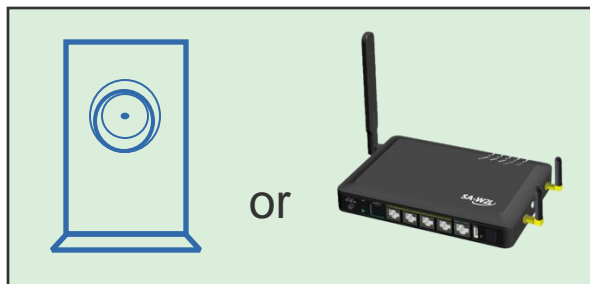
CGNATがある（IPv4）

- ・すべてのインバウンドポートをブロックします
- ・NATトラバーサルをつかったVPNは使える
- ・プロトコル 47 (GRE)、50 (ESP)、51 (AH)、115 (L2TP) に依存する VPN はドロップされてしまう

パブリックIPオプションがある（IPv4）

- ・インバウンド方向でも使えるようになる
- ・一部のプランが無償で利用できる

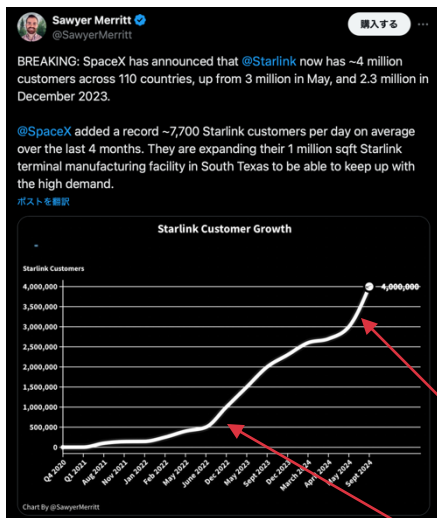
IPv6の制限はTCP/25,TCP/445ぐらい



Starlinkルータを使うのか？ Starlinkルータはブリッジモードにできる
自営ルータをつかうと自由度があがる

Starlinkのユーザ数と割り当て可能なIPアドレスの関係

400万人、100カ国以上に展開



<https://x.com/Starlink/status/1839424733198344617>



<https://x.com/SawyerMerritt/status/1839424008900477354>



本体を安く売るキャンペーン (US)

衛星の数が増え、待ちリストが解放

日本に割り当てられているネットワーク

65.181.4.0/24,JP,JP-13,Tokyo,
65.181.5.0/24,JP,JP-13,Tokyo,
65.181.6.0/24,JP,JP-13,Tokyo,
65.181.7.0/24,JP,JP-13,Tokyo,
206.83.104.0/25,JP,JP-13,Tokyo,
206.83.104.128/25,JP,JP-13,Tokyo,
206.83.109.0/25,JP,JP-13,Tokyo,
206.83.109.128/25,JP,JP-13,Tokyo,
206.83.124.0/25,JP,JP-13,Tokyo,
206.83.124.128/25,JP,JP-13,Tokyo,
206.83.125.0/25,JP,JP-13,Tokyo,
206.83.125.128/25,JP,JP-13,Tokyo,
2406:2d40:3000::/40,JP,JP-13,Tokyo,

Starlink(スターリンク)のIPアドレスと地域の対応、geoiip情報について

<https://eng-blog.iiij.ad.jp/archives/23585>

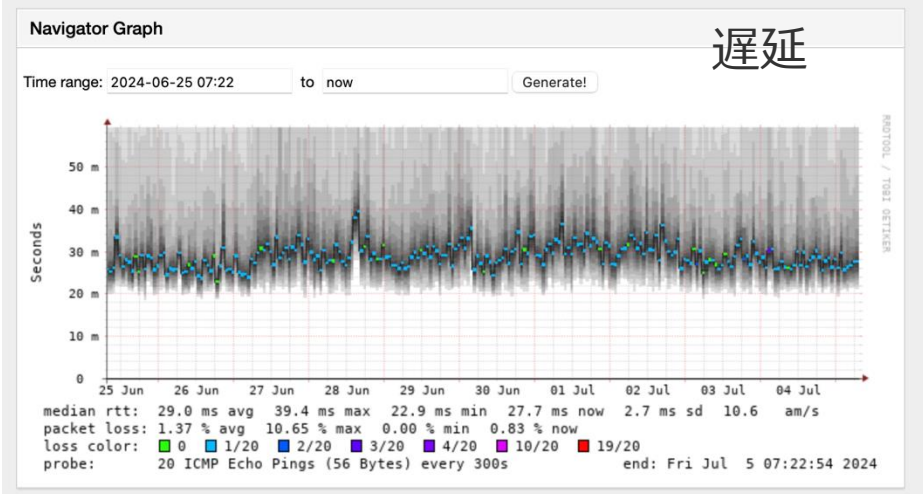


2024年9月29日現在
GEOIPファイル内で記録されている国コードは132
IPv4アドレスは238,304個分
日本2,048個 (0.8%) ドイツ5,184個 (2.2%) 、アメリカ75,456 (32%)
オーストラリアは10,368 (4.4%)

<https://geoiip.starlinkisp.net/feed.csv>

回線性能

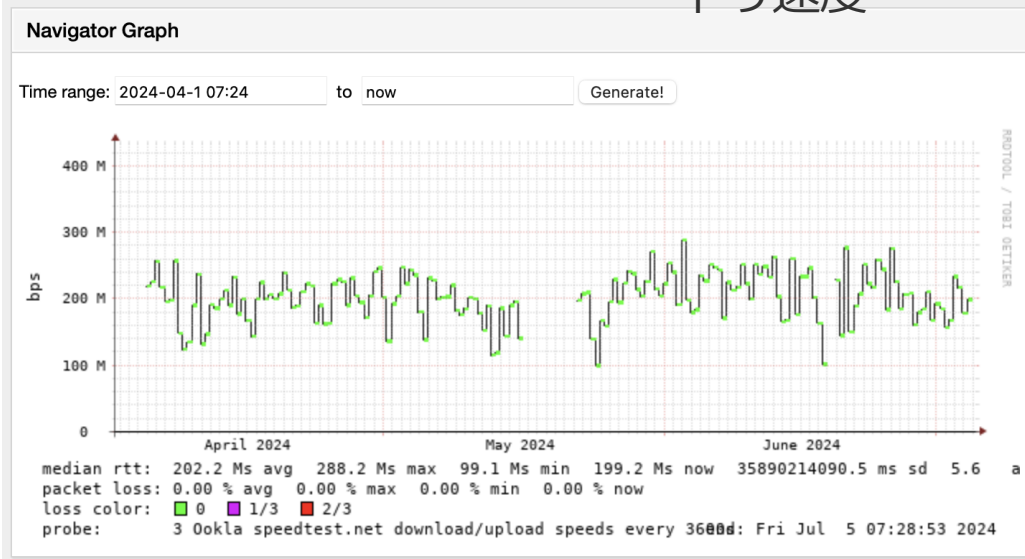
Google DNS



プラン	固定(標準)	固定(優先)
利用可能性	≥99%	≥99%
ダウンロード	25-100 Mbps	40-220 Mbps
アップロード	5-10 Mbps	8-25 Mbps
レイテンシー	25-50 ms	25-50 ms

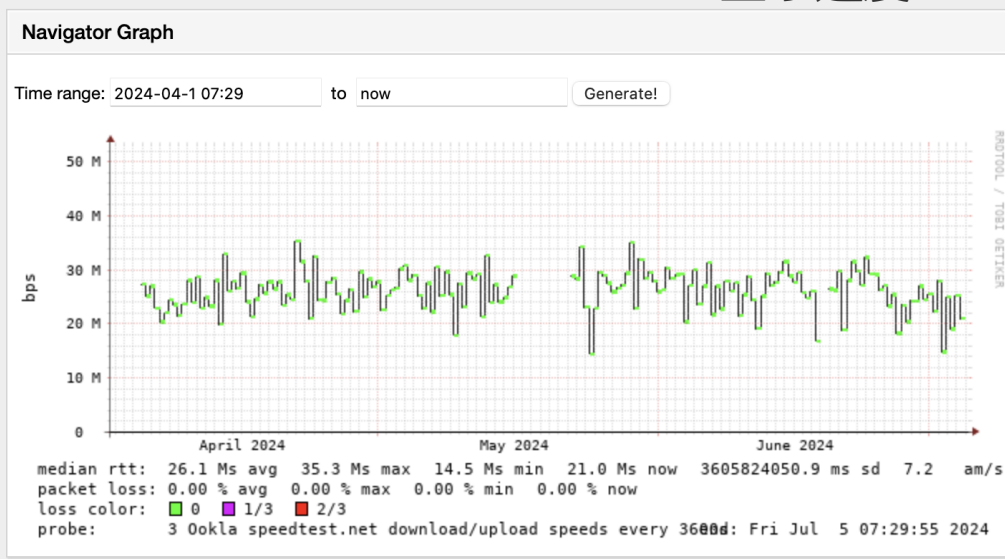
speedtest download

下り速度



speedtest upload

上り速度



Starlinkの購入ガイド

個人でも手が届く料金体系

高いメニューもあるので賢く選択

日本独自の規制について理解しておこう

サービス	特徴	プラン
STARLINK	全てのプランを選択可	RESIDENTIAL (FIXED) PRIORITY (FIXED) ROAM UNLIMITED (MOBILITY) MOBILE PRIORITY (MOBILITY)
STARLINK FOR BUSINESS	インボイスの法人名対応 6回線以上の契約 ダッシュボード機能	PRIORITY (FIXED) MOBILE PRIORITY (MOBILITY)

PRIORITY(優先)がついたサービスの特徴

- 優先サポート
- 優先データ量
- テレメトリー機能
- パブリックIPアドレス機能
- 高い需要を有するユーザー、及び一定の不動産上での企業、政府、及び機関での利用を想定して設計されています。

一部の地域で提供

- RESIDENTIAL LITE (FIXED)
- ROAM 50GB (MOBILITY)

レジデンシャルサービスプランは、固定された住所での個人やご家族または世帯によるご利用に適しています。レジデンシャルサービスプランは、事業用または企業用には許可されていません。

ROAM無制限サービスプランでは、Starlinkがアクティブなサービスを提供している場所であればどこでもサービスにアクセス可能で、旅行、キャンプ、ノマド生活など、低需要の陸上での使用向けに設計されています。ROAM無制限サービスプランは、事業用または企業用には許可されていません。

- STARLINKなのか？ STARLINK FOR BUSINESS
 - インボイスの宛先に法人を追加したいならSTARLINK FOR BUSINESS
 - 使い方にあった適切なプランを選択すればいい

- 優先がついたプラン、違うのか？
 - 多数のStarlinkが同時に同じ場所で通信している場合に優先される
 - 近くに同じプランのStarlinkがいたら、ベストエフォートなのは同じ
 - 優先データを使い切ってもレジデンシャルやROAM相当になるだけ、制限されるわけではない
 - 海上では優先データがないと通信できない（フィルタされる、契約更新のための通信はできる）

STARLINK

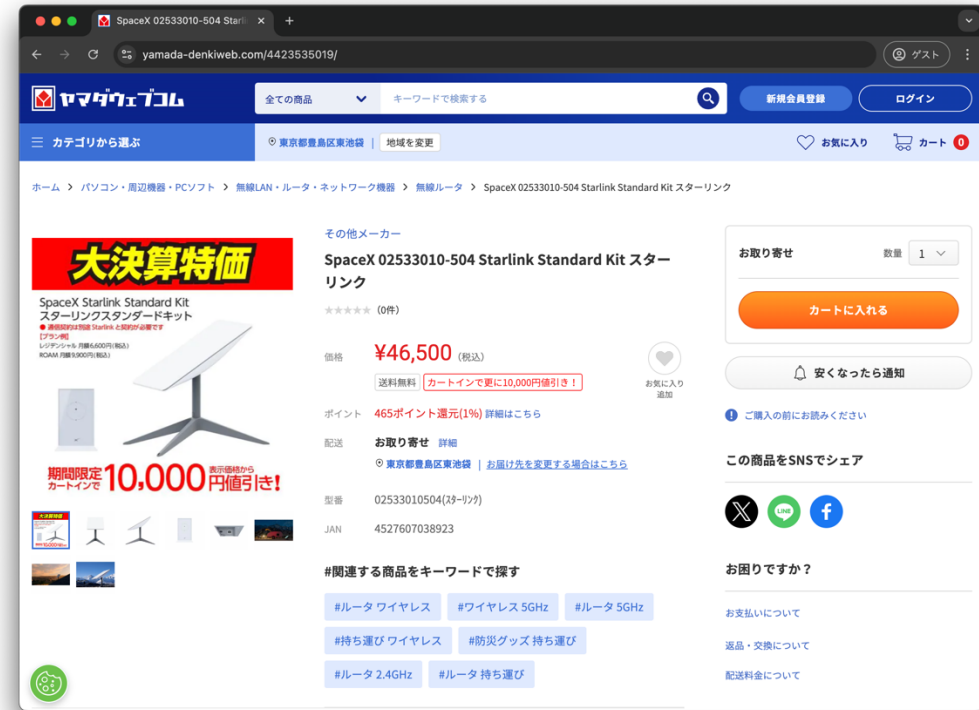
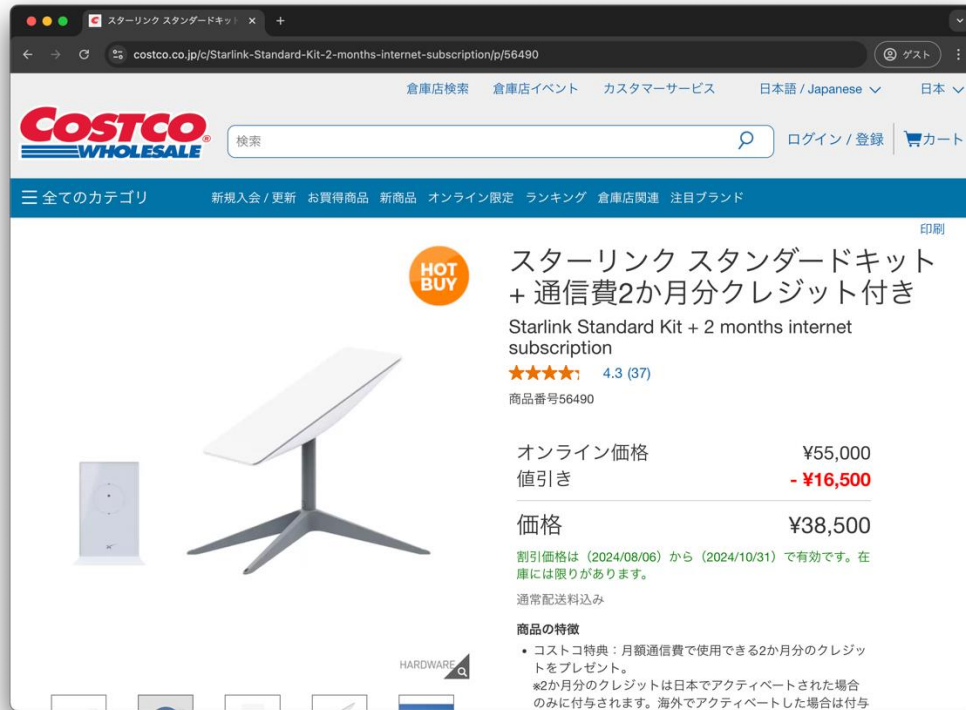
レジデンシャル	ROAM
自宅での利用に最適	RV車での利用、ノマド生活、キャンプなど、移動中の利用に最適
主な機能 無制限のデータ 固定配置	主な機能 全国でサービス提供中 移動中の使用 海外での利用 沿岸でのサービス提供 サービスの一時停止
月額サービスプラン	月額サービスプラン
レジデンシャル ¥6,600 /月	ROAM無制限 ¥11,874 /月
	<small>ROAM 50GBのユーザーは、50GBのデータに利用が制限されており、GB単位の支払いで追加データを利用できます。海外での利用、沿岸での利用可能地域、移動中の使用に関する制限については、こちらのよくあるご質問をご覧ください。</small>

STARLINK FOR BUSINESS

固定サイト	マリタイム
企業や高需要ユーザーに最適	海上利用、緊急時対応、モバイル事業に最適
主な機能 無制限の標準データ パブリックIP ネットワークの優先順位 プライオリティサポート	主な機能 無制限モバイルデータ（陸地） 移動中または海上での利用 ネットワークの優先順位 プライオリティサポート
月額サービスプラン	月額サービスプラン
無制限の標準データ +	無制限モバイルデータ（陸地） +
優先 - 40GB ¥9,600 /月	モバイル優先 - 50GB ¥33,408 /月
優先 - 1TB ¥28,000 /月	モバイル優先 - 1TB ¥133,632 /月
優先 - 2TB ¥56,000 /月	モバイル優先 - 5TB ¥668,160 /月
<small>プライオリティデータ分割り当て後は無制限の標準データ。プライオリティデータはGB単位で追加可能</small>	<small>モバイルプライオリティデータはGB単位で追加可能</small>

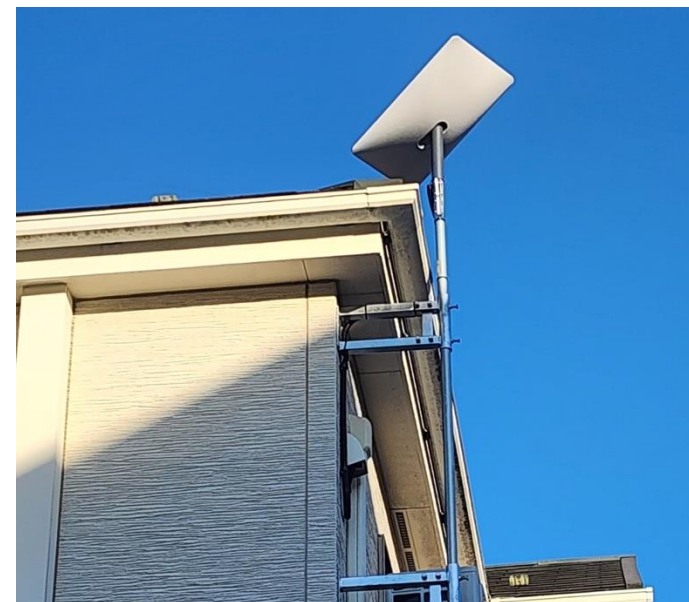
Starlinkの購入ガイド（公認小売店からの購入）

アンテナだけ購入できる
コストコ（在庫切れ）
ヤマダデンキ



現状は旧機種のみ販売している、在庫がなくなるまでこの状態か？

日本でも設置実績があり、設置を相談できる事業者が登場してきている。



頼む時は電気工事士の資格のある所を選択したい。

相談対応・配線処理ふくめて丁寧な仕事をするところを選びたい。

Starlinkは地上でも海上でも移動しながら使うことができる

- ・ サービスの中で移動中利用可能なことが日本語でも説明されている
- ・ 日本でも車などに積んで移動しながら使ってもいいと思ってしまう
- ・ 日本の法律では、地上・海上・航空などの利用形体別に免許が分かれている
- ・ 地上に関しては、移動しながらの利用（移動局）については免許が降りていない
- ・ 移動先でROAMを使うのは問題ない
- ・ マリタイムは海上利用なので問題ない認可もうけている
- ・ 移動中の利用は機器を安全に固定できないと保証外の使い方になる
- ・ 安いキットを海上などで固定しながら使うのはOK？

機器自体の技適許可範囲

技適がOKでも安全に固定しなければ保証外

海外のマリタイムは標準キットが選択できる

- ・ ROAMが世界中で使える事になった影響

Starlink Miniの登場、本当に持ち運べるStarlink！

海外では認証済、日本はまだ、海外のStarlinkを日本に持ち込んで使うのは？

ROAM

RV車での利用、ノマド生活、キャンプなど、移動中の利用に最適

主な機能

- 全国でサービス提供中
- 移動中の使用
- 海外での利用
- 沿岸でのサービス提供
- サービスの一時停止

月額サービスプラン

ROAM無制限 **¥11,874**/月

マリタイム

海上利用、緊急時対応、モバイル事業に最適

主な機能

- 無制限モバイルデータ（陸地）
- 移動中または海上での利用
- ネットワークの優先順位
- プライオリティサポート

月額サービスプラン

無制限モバイルデータ（陸地）
+

モバイル優先 - 50GB	¥33,408 /月
モバイル優先 - 1TB	¥133,632 /月
モバイル優先 - 5TB	¥668,160 /月

Starlinkの活用（企業向け）

Starlinkを設置する (IIJエンジニアリング)

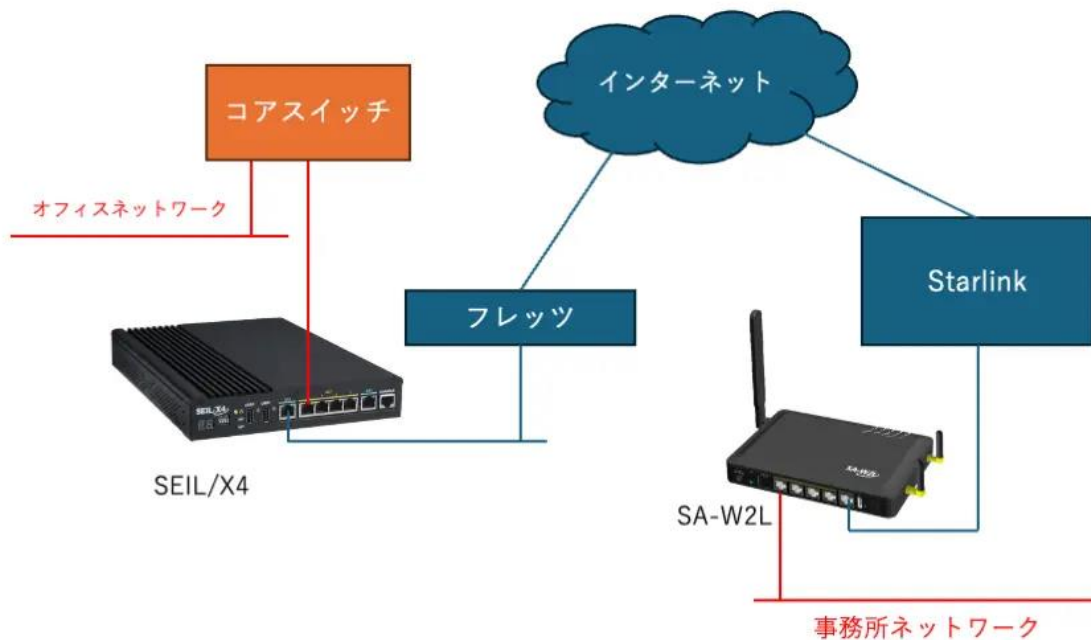


Starlinkで10拠点を接続！バッチリ使えます！

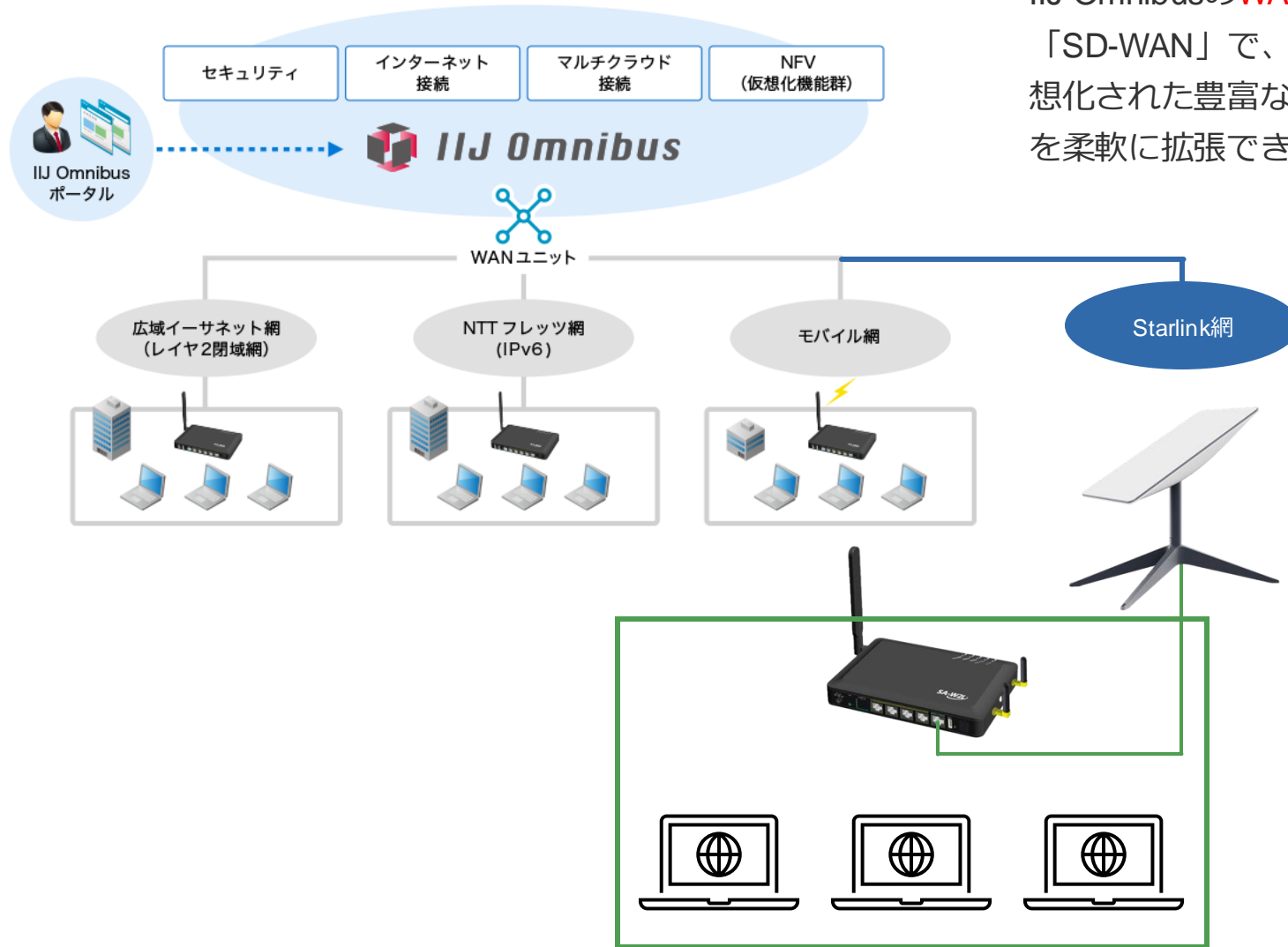
<https://eng-blog.ij.ad.jp/archives/25714>



- とあるエンジニアリング会社での事例
- 全国10ヶ所をStarlinkで社内ネットワークに接続
- VPN接続にIIJのMPCを利用



Starlink活用事例IIJ Omnibusサービスでの接続



IIJ OmnibusのWANユニットを使えば、SDNの技術を用いた「SD-WAN」で、様々な構成のWANを構築できます。また、仮想化された豊富な機能（NFV）と連携して、企業ネットワークを柔軟に拡張できます。

Starlinkをアクセス回線として利用

エコパスタジアムでのWi-Fi導入 ～ 機材設置の裏舞台を紹介

<https://eng-blog.ijj.ad.jp/archives/27871>

