

IPv6 Summit in TOKYO 2025 【パネルディスカッション】

IPv6と取り巻く環境のいまとこれから

2025/12/16

川島 正伸

NECプラットフォームズ株式会社

自己紹介

■ 氏名：川島 正伸（ニックネーム：かわしまむ）

■ 業務

- ・全社横断の技術戦略、技術活用に関する業務
- ・IPv6関連プロジェクト支援、IPv6技術調査研究、技術標準化・普及啓蒙などの業界活動
- ・最近はスマートホームの Matter もやってます！



■ 業界活動

- ・JAIPA(日本インターネットプロバイダ協会)

 - ・アクセス網WG 家庭用ルータSWG 主査
 - ・ゲーム・エンタメのネットワーク接続性に関する課題検討WG 副主査
 - ・IPv6 UPnP実証・検証SWG 副主査
- ・IETF(Internet Engineering Task Force)における国際標準化活動
これまでに共著者として発行したRFC
 - ・RFC 5952 : IPv6アドレスの推奨表記
 - ・RFC 6877 : 464XLAT (IPv6マイグレーション技術)
 - ・RFC 8585 : IPv6 CEルータのIPv4aaS技術要件
- ・CSA(Connectivity Standards Alliance)におけるMatter技術などの国際標準化活動（※本格活動はこれから）

※ Google や ChatGPT で
「IPv6 川島」で検索してみてください



(私の考える)IPv6と取り巻く環境のいまとこれから

さらなるIPv6普及の起爆剤は、IPv6-Mostly Network と Matter !

(現在)

IPv6 IPoE方式と IPv6マイグレ技術の普及

- 結局、案4だったよね
- DS-Lite, MAP-E

通信事業者のIPv6対応



IPv6-Mostly Network

- Dual Stack呪縛からの解放
- Windows対応は時間の問題

端末レベルでの
IPv6 only環境拡大



- Apple, Google, Amazonの結束
- AIoT(AI+IoT)の破壊力

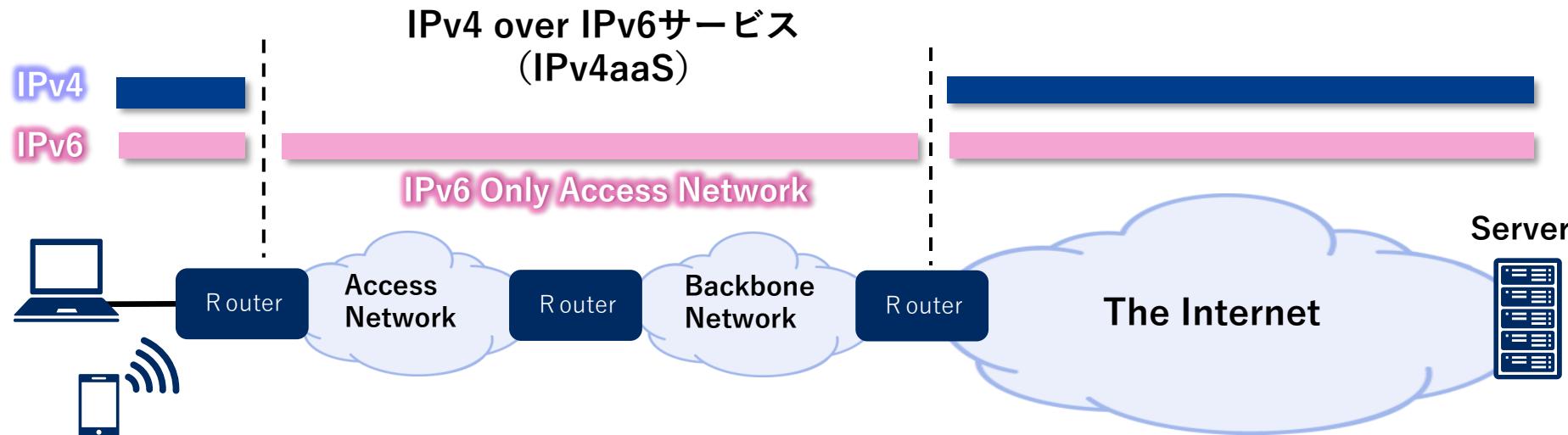


IPv6利用の高度化

IPv6-Mostly Network

(おさらい) IPv6マイグレーション技術とは？

- 貴重になったグローバルIPv4アドレスを複数ユーザでアドレス共有して使うための技術
- IPv4からIPv6への移行期(共存期)に必要とされる技術
 - ・ 主要な技術として、**DS-Lite**, **MAP-E**, **MAP-T**, **464XLAT**, **LW4o6** がある
 - ・ **IPv6 Only Access Network** (通信事業者内)を経由して、The Internet上のIPv4サーバ等と通信を実現する技術で、国内では「**IPv4 over IPv6サービス**」として知られている
 - ・ IPv4aaSとなる為、**通信事業者内のIPv6化を促進**させることが可能 (**TCO削減が狙える**)



(おさらい) IPv6マイグレーション技術の種類と特徴

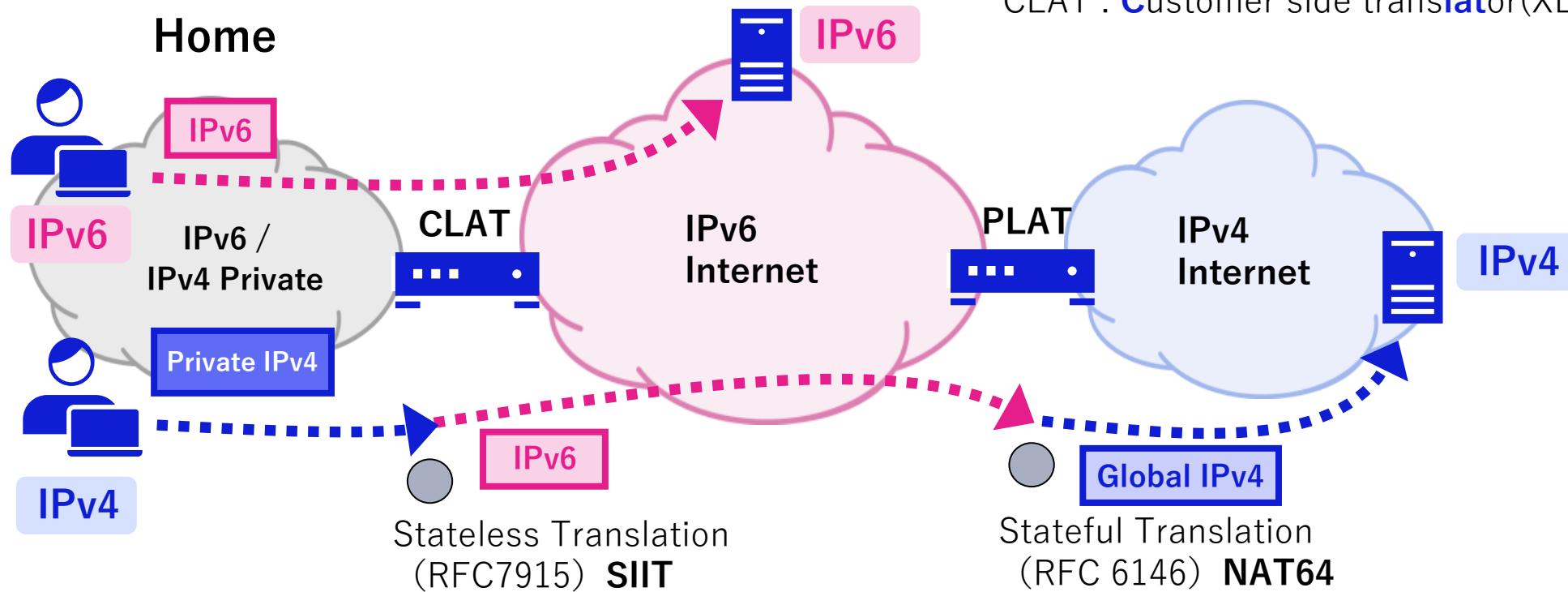
IPv4の扱い ステート/NAT	網側 : ステートレス CPE : NAT有(ポート制限NAPT)	網側 : ステートフル (CGN or NAT64) CPE : NAT無
トンネル	RFC 7597 MAP-E 国内 : JPIX, BIGLOBE, OCN RFC 7596 LW4o6 海外 : (OTE Group)	RFC 6333 DS-Lite 国内 : インターネットマルチフィード, 朝日ネット, アルテリアネットワークス 海外 : Vodafone Germany, Orange, etc
トランスレーション	RFC 7599 MAP-T	RFC 6877 464XLAT 国内 : docomo 海外 : T-Mobile USA, SK Telecom, Orange, etc

通信事業者は、自社の戦略および各技術のPros/Consを考慮して、最適な技術を採用

(おさらい) 464XLAT (RFC 6877)

464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation

PLAT : Provider side translator(XLAT)
CLAT : Customer side translator(XLAT)



- CLATにてIPv4/IPv6変換(Stateless)、PLATにてIPv4/IPv6変換(Stateful)を行うことでIPv4通信を実現
- トラフィック分析にDPI(Deep Packet Inspection)が不要でモニタリング、トラブルシューティングが容易、グローバルIPv4アドレスのポート使用効率が良い

IPv6-Mostly Network登場の背景

- 多くのネットワーク環境は、IPv4/IPv6 Dual Stackから抜け出せていない
 - IPv6マイグレーション技術は、通信事業者などのアクセスネットワークをIPv6-only化することができるが、エンドサイトのIPv6-only化には寄与しない
- アプリケーションや端末のIPv4依存度が依然として高い
- Dual StackはIPv4アドレス枯渢の根本対策にならない
 - Dual StackによるIPv4リソースの消費/IPv4運用負担は継続中



IPv6-only環境への段階的移行が必要 = IPv6-Mostly Network登場

IPv6-Mostly Networkとは？

■ IPv4を廃止してIPv6環境にスムーズに移行させる方式の1つ

- IETFにて標準化作業が進められている
- IPv4を必要とするデバイスにのみIPv4を提供して、IPv6への移行を加速させる
- IPv6-only環境を端末レベルにまで浸透させる
- IPv4-only / Dual Stack / IPv6-only capableデバイスが混在可能

■ 動機

- Dual StackによるIPv4リソース消費/運用課題を解決して、IPv6への段階的な移行を促進させる

■ 技術要素

- DHCPv4 option 108 / RA PREF64 option / NAT64 / 464XLAT

■ ホストOSの対応

- Android/iOS/macOSはサポート済、MicrosoftはWindows 11での対応を表明済(2024/3/7)

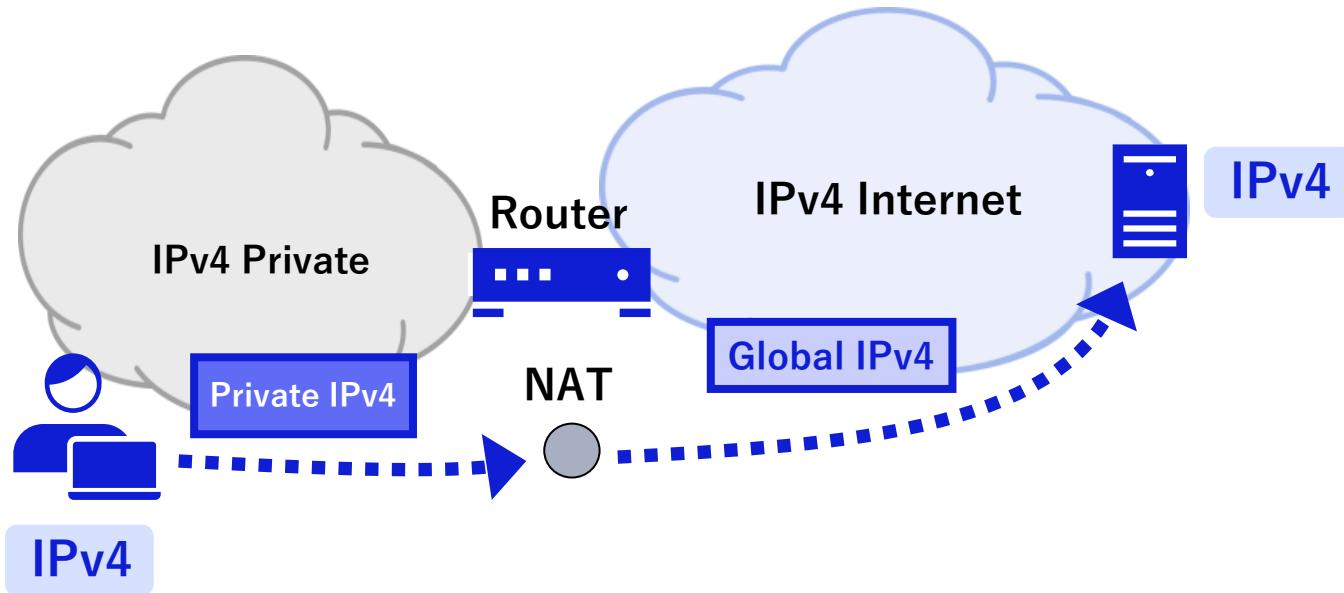
■ 対象とするネットワーク

2025/11/19 プライベートレビュー開始！

- 企業/大学ネットワーク、公衆Wi-Fi、通信事業者サービスなど様々なネットワークに適用可能

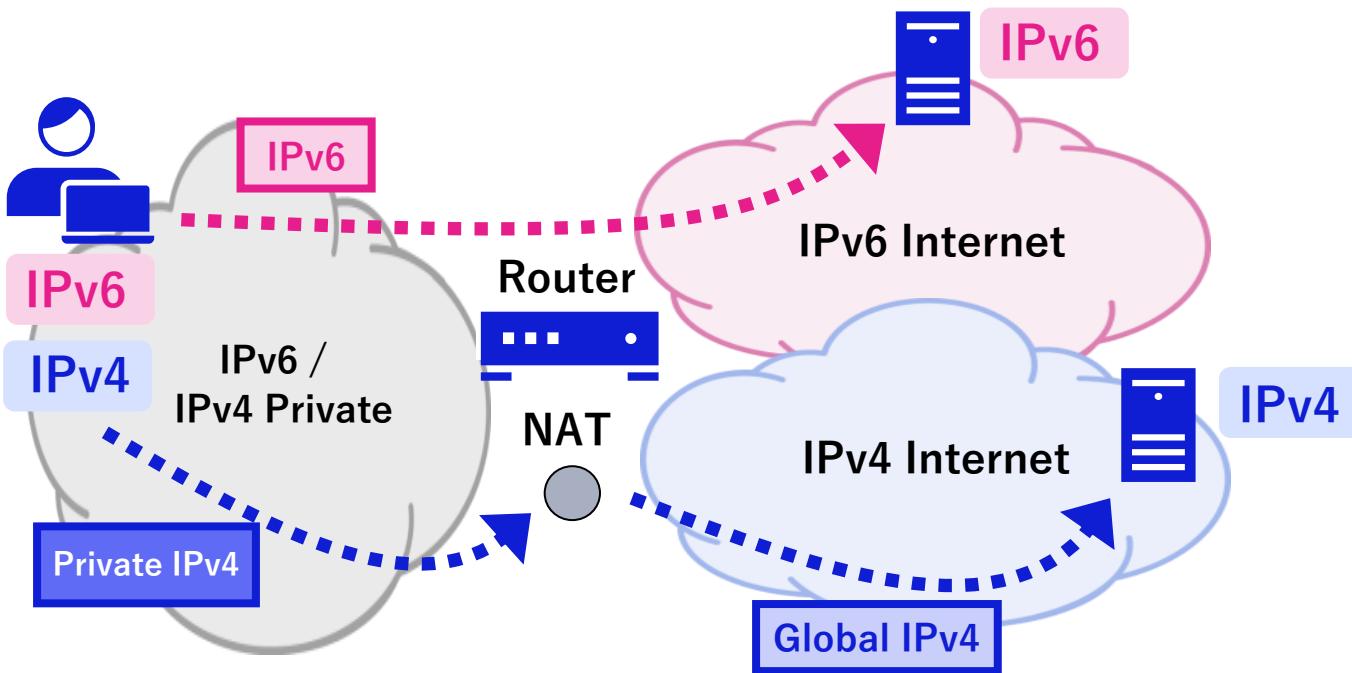


デバイス毎の動作概要(IPv4-only)



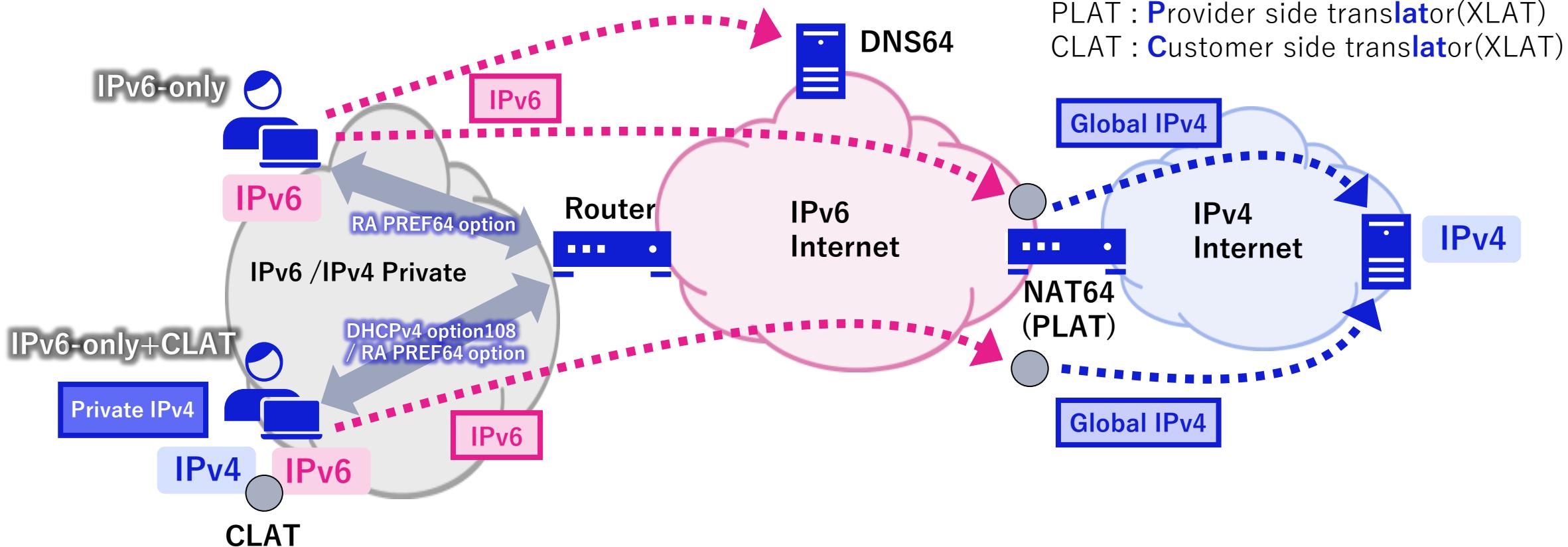
- DHCPv4によるプライベートIPアドレス付与または固定IPアドレスなどのIPv4アドレス設定
- ルータ(NAT)等を経由して、IPv4ネットワークまたはIPv4インターネットと接続

デバイス毎の動作概要(Dual Stack)



- IPv4通信：DHCPv4によるプライベートIPアドレス付与または固定IPアドレスなどのアドレス設定を行い、ルータ(NAT)等を経由して、IPv4ネットワークまたはIPv4インターネットと接続
- IPv6通信：DHCPv6やSLAAC(RA)によりIPv6アドレス設定を行い、ルータ等を経由してIPv6ネットワークまたはIPv6インターネットと接続

デバイス毎の動作概要(IPv6-only capable) ※IPv4接続のみ記載



- IPv6-only : DNS64で名前解決を行い、NAT64経由でIPv4ネットワークまたはIPv4インターネットと接続
- IPv6-only+CLAT : **デバイス内部のCLAT機能**によりIPv4/IPv6変換を行い、
(464XLAT) NAT64(**PLAT**)経由でIPv4ネットワークまたはIPv4インターネットと接続

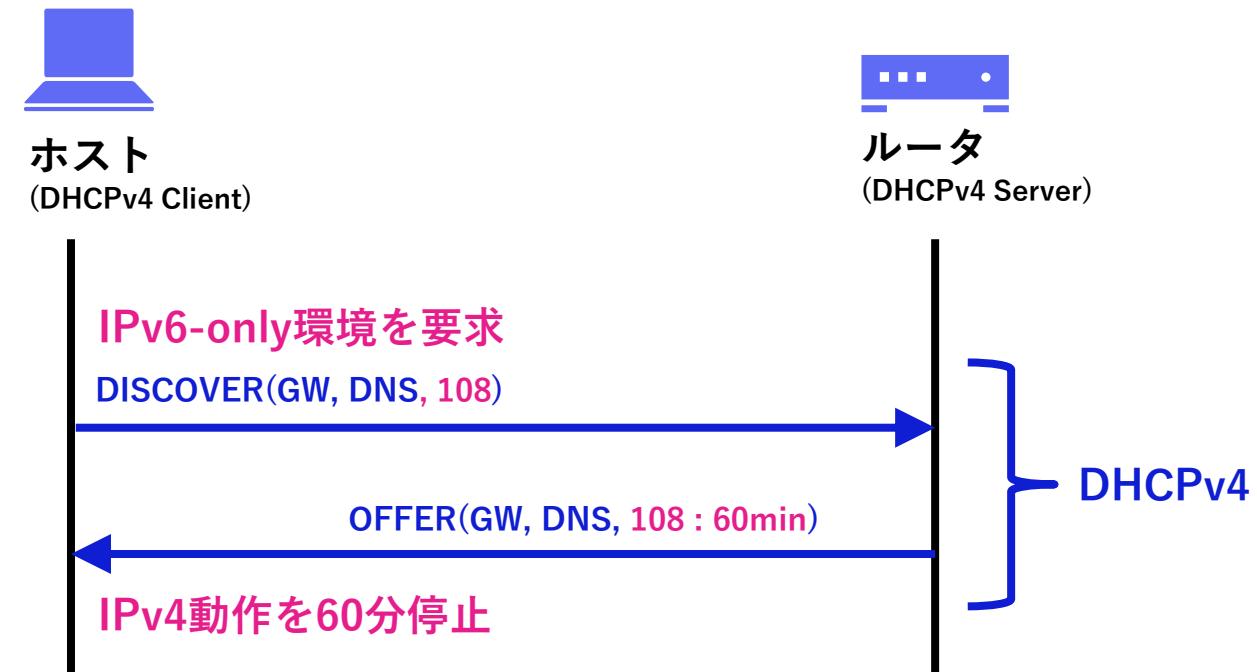
技術要素(DHCPv4 Option 108)

■ RFC 8925 : IPv6-Only Preferred Option for DHCPv4

- IPv6-only環境のみを利用するため、IPv4通信をOFFにするためのDHCPv4オプション

■ 対応状況

- DHCP Server
 - Kea(2.7.1以降) 対応済
 - 多くのDHCP Serverはカスタム設定可能
- DHCP Client
 - Android 対応済
 - iOS(17以降) 対応済
 - macOS(12以降) 対応済
 - Windows 11 対応予定



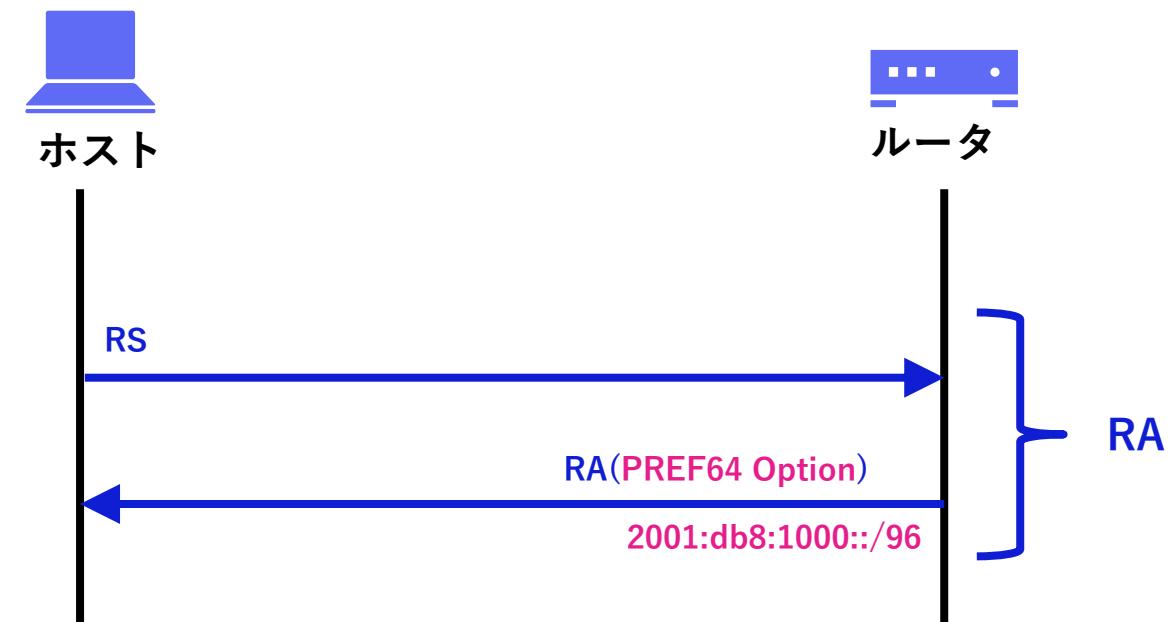
技術要素(RA PREF64 Option)

■ RFC 8781 : Discovering PREF64 in Router Advertisements

- NAT64または464XLATに必要なPREF64(IPv6変換用Prefix情報)を取得するためのRAオプション

■ 対応状況

- ルータ
 - MikroTik(RouterOS v7.8 beta2) **対応済**
 - OpenWRT(v23.05.0以降) **対応済**
 - radvd, FRR, odhcpd, rad **対応済**
- ホストOS
 - Android **対応済**
 - iOS **対応済**
 - macOS(12以降) **対応済**
 - Windows 11 **対応予定**



技術要素(464XLAT)

■ RFC 6877 : 464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation

- IPv4/IPv6混在期におけるIPv6マイグレーション技術
- ダブルトランスレーションが特徴 (CLAT : IPv4→IPv6 , PLAT : IPv6→IPv4)

■ 対応状況

- **PLAT(=NAT64)**
 - A10 Networks, Cisco, JuniperなどNAT64機能をサポートしている多くのベンダ **対応済**
 - Jool **対応済**
- **CLAT**
 - OpenWRT **対応済**
 - Android **対応済**
 - iOS(12以降 : LTE/5G , 17以降 : LTE/5G/Wi-Fi) **対応済**
 - macOS(12以降) **対応済**
 - Windows 11 **対応予定**

IETFにおける標準化状況

- RFC 6877 : 464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation

RFC発行済



共著者

- RFC 8925 : IPv6-Only Preferred Option for DHCPv4

RFC発行済

- RFC 8781 : Discovering PREF64 in Router Advertisements

RFC発行済

- RFC 9872 : Recommendations for Discovering IPv6 Prefix Used for IPv6 Address Synthesis
PREF64発見における推奨事項

RFC発行済

2025年9月発行

- draft-ietf-v6ops-6mops : IPv6-Mostly Networks: Deployment and Operations Considerations
IPv6-Mostly Networksの普及と運用における考慮事項

Working Group Draft

標準化作業中
(In WG Last Call)



- draft-ietf-v6ops-claton : 464XLAT Customer-side Translator (CLAT): Node Recommendations
464XLAT CLAT使用時のノードにおける推奨事項

Working Group Draft

標準化作業中(IESG Evaluation)

標準化に貢献(Acknowledgements)記載

- draft-ietf-v6ops-icmpext-xlat-v6only-source : Using Dummy IPv4 Address and Node Identification Extensions for IP/ICMP translators (XLATs)

IP/ICMPトランスレータ用のダミーIPv4アドレスとノードID拡張機能の使用

Working Group Draft

標準化作業中
(WG Consensus)

IPv6-Mostly NetworkのPoCや実運用状況

- RIPE 85(2022/10), RIPE 87(2023/11) PoC
 - RIPE 85 [Deploying IPv6 mostly access networks](#) / RIPE 87 [IPv6-mostly on OpenWRT \(ripe.net\)](#)
- Windows 11におけるCLAT対応を表明(2024/3/7)、プライベートレビュー開始(2025/11/19)
 - [Windows 11's CLAT functionality is expanded to support non-cellular network interfaces](#)
 - セルラーインタフェース(モバイル)では既にサポート済。Wi-FiやEthernetでの今後の対応を表明。
 - [Windows CLAT Enters Private Preview: A Milestone for IPv6 Adoption](#)
 - プライベートレビューを開始、参加希望者は個別申し込み。
- APRICOT 2024/APNIC 57(2024/3), APRICOT 2025/APNIC 58(2025/2) PoC
 - [Experimental IPv6-only network at APRICOT 2024](#)
- 119th IETF(2024/3), 120th IETF(2024/7), 121st IETF(2024/11), 122nd IETF(2025/3), 123rd IETF(2025/7), 124th IETF(2025/11) PoC
 - [Moving to IPv6-Mostly](#) at 119th IETF

※IETF 122nd迄はトライアル提供として使いたい参加者が利用、IETF 123rd以降は参加者全員(1,000名以上)が使用するWi-Fi(標準SSID)として提供中
- UK IPv6 Council Annual Meeting(2024/11) インペリアル大学での実運用報告
 - [IPv6-Mostly at Imperial](#) : ICL(Imperial College London)で約3,000台のAPに展開済、デバイスの77%がIPv6 Only
- RubyKaigi 2025(2025/4), Kaigi on Rails 2025(2025/9)
 - [RubyKaigi NOC 近況 2025](#) : SIITをRubyで実装など

IPv6-Mostly Network動作検証

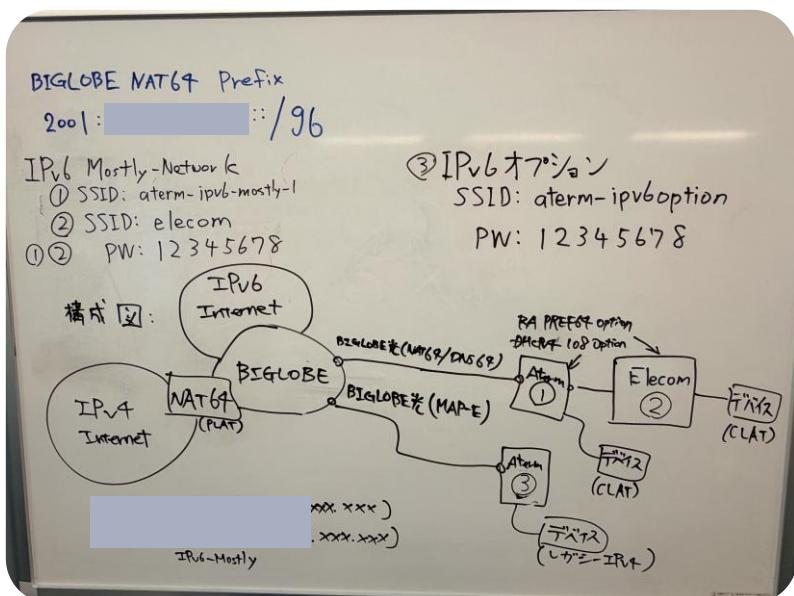
■ JAIPA ゲーム・エンタメNW接続性課題検討WGにて実施

• 1回目(2025/8/19)

NAT64/DNS64(A10 Networks) + CE Router(NEC Platforms, ELECOM) ※試作機
ネットワーク関連の検証を中心に実施

• 2回目(2025/10/27)

NAT64/DNS64サービス(BIGLOBE) + CE Router(NEC Platforms, ELECOM) ※試作機
IPv4-only/Dual Stack/IPv6-capable端末の観点で検証を実施



IPv6-Mostly Network動作検証 (Cont.)

■ 動作検証で得られた知見

CE Router

ULA環境下における想定外の挙動やCEルータがCLAT機能を搭載する際の追加機能要件など

macOS

IPv4/IPv6アドレス取得状態に応じたCLAT機能の有効/無効に関する挙動変化

Android

QUICのコネクションマイグレーション時の挙動変化

トラブルシューティング複雑化

MAP-E, 464XLAT(IPv6-Mostly)のようなIPv6マイグレ技術の混在時の課題

ヘアピン機能の必要性

IPv6-Mostly対応端末と非対応端末の混在時におけるLAN内通信の課題

ログ解析の複雑化

IPv4 Service Continuity Prefix(192.0.0.0/29)使用による同一アドレスの観測

ゲーム機/ゲームタイトルのIPv6対応遅れ

PlayStation 5, Switch 2は IPv4のみで動作

JANOG57 Meeting の一部エリアにて「IPv6-Mostly Network」を提供

■ JANOG57 Meeting in Osaka

- 2026年2月11日～2月13日
- コングレコンベンションセンター/JAM BASE
- ホスト企業：さくらインターネット株式会社
- JAIPAはゴールド企業として協賛
会場の一部エリアにて「IPv6-Mostly Network」を提供予定

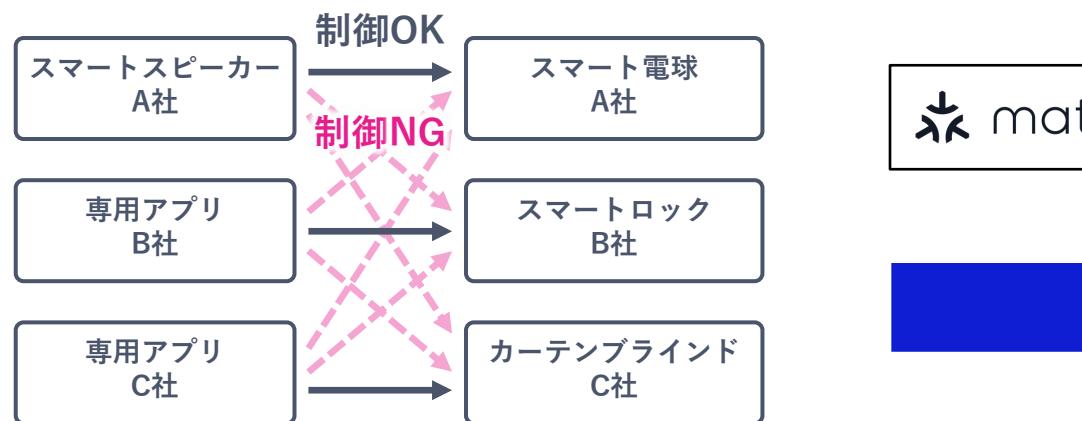


JANOG 57 に参加予定の方は、ぜひ会場にてお試しください

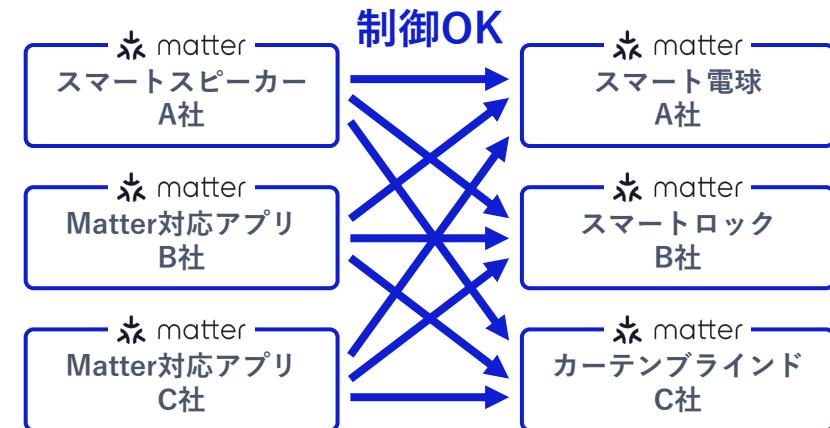
Matter

Matterとは？

- Apple, Google, Amazon が主導して CSA(Connectivity Standards Alliance) が標準化を行っているスマートホームの国際標準規格
- メーカーを問わず、スマート家電などを相互接続して高度なエコシステムを実現可能



従来のスマートホーム
(各社独自仕様でベンダロックイン)



Matter対応後のスマートホーム

Matterの特徴

- 高い相互運用性（マルチベンダ）
 - ・メーカーを問わず、スマート家電、IoTデバイスを相互接続して、高度なエコシステムを実現可能
- 複数の管理者による状態把握と制御（マルチアドミン）
 - ・複数のMatterコントローラが共存する環境下で、適切なアクセス制御(異なる権限設定)を維持しつつ運用可能
- レガシー技術からのスムーズなマイグレーション(移行)が可能
 - ・ブリッジ(アグリゲータ)対応デバイスが既存技術(ZigBee, ECHONET Lite, 赤外線通信など)とMatter通信を仲介することでMatterの世界観への段階的な移行が可能
- 強固なセキュリティ
 - ・ブロックチェーン技術を活用したデバイス認証、メッセージ暗号化、セキュアなオンボーディングなどの安心・安全なセキュリティ機能を標準搭載
- 容易なセットアップ
 - ・QRコードやNFCタグを使った簡単、スムーズな初期設定を実現

CSA(Connectivity Standards Alliance)加盟企業



Promoters



850以上の組織が加盟しており急速に拡大中

- Promoters : 33社 (0社) 推進企業
- Participants : 274社 (25社) 仕様策定に関与可能、対応製品を提供可能
- Adapters : 286社 (15社) 対応製品を提供可能

※数字はWeb掲載組織数, ()内は参加日本企業数[自社調べ], 2025/12/10時点

Participants (日本企業)



2024/12 加盟

Adapters (日本企業)



Matterの機器構成とプロトコルスタック

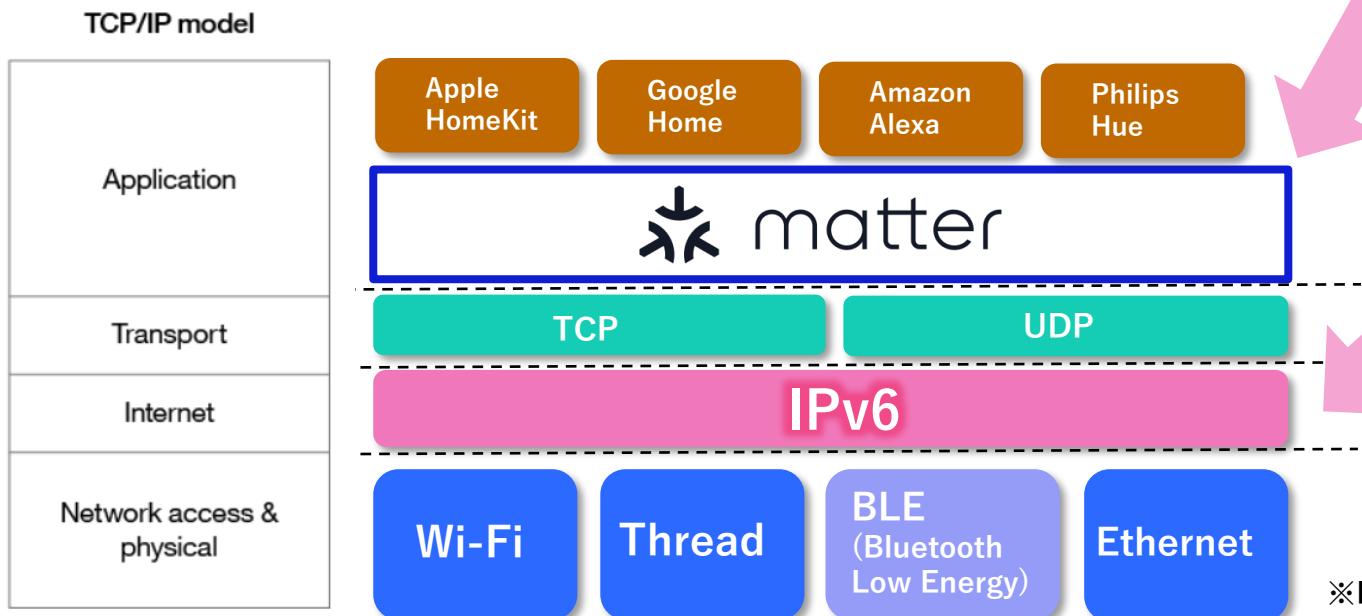
■ 機器構成

- Matterコントローラ : Apple HomePod/Google Nest Hub/Amazon Echo等
- Matterデバイス : 照明/エアコン/冷蔵庫/洗濯機/ドアロック/EVチャージャー/蓄電池/各種センサー等
- Matterブリッジ : ZigBee, ECHONET Liteなどのレガシー技術の通信とMatter通信を仲介

■ プロトコルスタック

- MatterはIPv6上でのみ動作するメッセージングプロトコル
- 共通のデータモデルにより、デバイスの状態取得や制御が可能

Matterの普及 = IPv6の普及



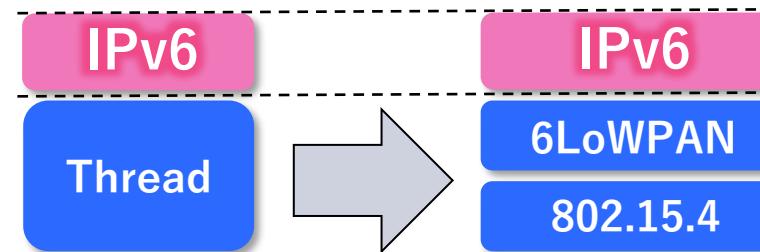
※BLEはコミッショニング(機器登録)目的でのみ使用

Thread概要

- IEEE 802.15.4上で動作する6LowPAN Mesh NetworkのIoT無線規格
 - ・インターネット接続と親和性の高いIoTセンサネットワークを想定
- スマートホーム、スマートビルディングが主なターゲット領域
- 2.4GHz帯の短距離無線通信、低消費電力、通信速度は最大250Kbps
 - ・メッシュネットワークによる通信距離の延長が可能
 - ・各種センサーヤスマートロック等のバッテリー駆動デバイスと相性が良い



Thread Groupにて標準化



	ZigBee	Thread	Wi-Fi	Bluetooth
低消費電力	✓	✓		✓
高セキュリティ		✓	✓	
ネットワークの堅牢性	✓	✓		✓

Matterバージョンと対応デバイス/機能

■ Matter 1.0 (2022/10/4)

- ・コントローラー/ブリッジ、照明、空調、テレビ/メディア機器、カーテン/ブラインド、各種センサー、スマートロック



■ Matter 1.1 (2023/5/18)

- ・バッテリー駆動デバイスの利便性向上(バッテリー消費抑制)

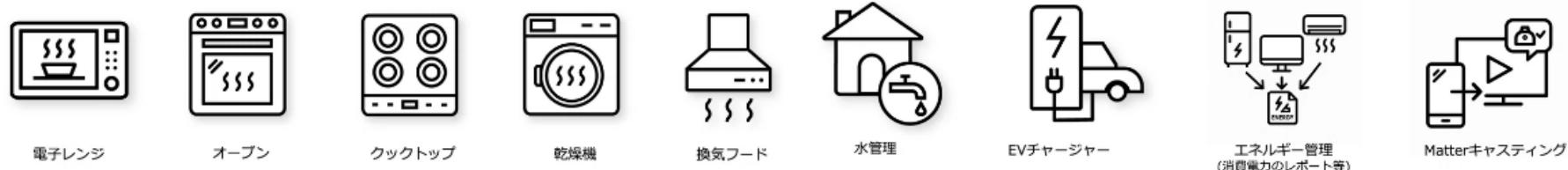
■ Matter 1.2 (2023/10/23)

- ・家電デバイスの対応強化
- ・冷蔵庫、ルームエアコン、食洗器、洗濯機、ロボット掃除機、煙/一酸化炭素検知器、空気質センサー、空気清浄機、ファン



■ Matter 1.3 (2024/5/8)

- ・家電デバイスのさらなる強化とエネルギー管理など
- ・電子レンジ、オーブン、クックトップ、乾燥機、換気フード、水の凍結/水漏れ/雨センサー、EV充電器、エネルギー管理、Matterキャスティング



Matterバージョンと対応デバイス/機能 (Cont.)

■ Matter 1.4 (2024/11/7)

- ・エネルギー管理、マルチアドミン、ネットワークインフラ機器の強化など
- ・ソーラーパネル、蓄電池、ヒートポンプ、給湯機、EV充電器、サーモスタット、マルチアドミン、ホームルータ/アクセスポイント



■ Matter 1.4.1 (2025/5/7) :マイナーリリース

- ・セットアップの容易化
- ・拡張セットアップフロー(ESF : Enhanced Setup Flow)、マルチデバイスQRコード、NFCタグによるセットアップ

■ Matter 1.4.2 (2025/8/11) :マイナーリリース

- ・ユーザー体験向上に重点を置いた機能強化
- ・Wi-Fiのみでのデバイス登録(BLE不要)、セキュリティ機能強化(VID Verification/ARLs/CRLs)、シーン管理の改善、効率的なレポートング、ノード再構成の標準化、一貫したエンドポイントユニークID、ロボット掃除機動作の標準化、ネットワークインフラ(Thread Border Router/Wi-Fi Access Point)要件の強化、認証プロセスの改善

■ Matter 1.5 (2025/11/20) 待望のカメラデバイスをサポート！

- ・カメラ(防犯カメラ/ドアベル/ベビーモニター/ペットカメラ等)、クロージャ(カーテン/電動シャッター/シェード/ブラインド/オーニング/ゲート/ガレージドア等)、土壌センサーのサポート、エネルギー管理強化(価格設定/料金体系/CO2排出量/V2G等)、TCPによる大容量メッセージデータ転送に関する改善

ProHome & Building (Supporting the Do-It-For-Me Smart Home and **Building Market**)

■ CSAでは「ProHome & Building」の取り組みが進行しています

- DIY(Do It Yourself) だけでなく DIFM(Do It For Me)を考慮
→ 自分で設置に加えて、専門業者(インストーラー)による設置

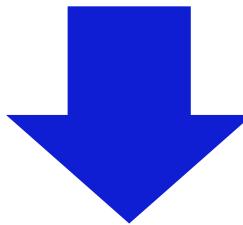
(原文)

- Expand the Alliance's reach beyond the DIY sector, with an initial focus on supporting installations in the smart home space by professionals.
- Create foundational requirements and define success factors needed to facilitate the widespread adoption and installations of smart solutions in the ProHome and **Building sector**.
- Provide recommendations representative of the ProHome and **Building markets** and respective professionals to all Alliance technologies.
- By bringing together the right stakeholders and defining goals, **it lays the groundwork for the broader adoption of secure and scalable smart systems.**



まとめ

IPv6普及のために、課題のある領域に無理して取り組むのは
コスパが悪い(経済的合理性に欠ける)ので、
ハードル低く進められるところから取り組むのがスムーズ



適材適所でIPv6-only展開を確実に進めましょう！
私は IPv6-Mostly Network と Matter で IPv6普及を加速させます

NEC

\Orchestrating a brighter world

NECプラットフォームズ